

العلوم الطبيعية

الصف الثالث الثانوي

الفرع العلمي

تأليف

عبد الرؤوف نقشبندي　　الدكتور وحيد الصواف　　وفيقة عقاد

المطبعة الجديدة دمشق ١٩٦١ – ١٩٦٢



الصف الثالث الثانوي

الفرع العلمي

تأليف

عبد الرؤوف نقشبندي — الدكتور وحيد الصواف — وفيقة عقاد

المطبعة الجديدة ـ دمشق ١٩٦١

ماهي الحياة ؟

ان وضع تعريف واضح للحياة يكاد يكون مستحيلا مها بذلت في سبيل ذلك من جهود وتعتبر مع ذلك كلمتا « حي وجماد » صفتين من صفات المادة .

وقد قسم عالم الجمادات قديماً الى قسمين : عضوي وغير عضوي . ضم القسم الاول منها المواد التي تصنعها الاحياء كالسللوز والسكر والدم وماشابهها وضم القسم الثاني المعادن واشباه المعادن الموجودة في الطبيعة . وقد حاول الكثيرون اقامة سد منيع بين هذين القسمين استناداً الى النظرية القائلة بأن الكائنات الحية وحدها تستطيع صنع المواد العضوية ، ولكن تجارب العالم وهلر عام ١٨٢٨ استطاعت ان تثبت امكانية الحصول على مواد عضوية في المختبر دون اللجوء الى الكائنات الحية ،اذ تمكن من صنع مادة البولة ابتداءاً من مواد معدنية صرفة . ولكن التقسيم المذكور بقي متبعاً لتسهيل الدراسة .

واذا استحال الوصول الى معرفة كنه الحياة فان معرفة الصفات التي تميز المادة الحية عن المادة الجامدة ممكن . وقد ظهرت بنتيجة دراسة هذه الصفات ان جميع الكائنات الحية نباتاً كانت ام حيواناً تتمتع بصفات اساسية واحدة مها بلغ بناؤها التشريحي ومها بسط ، وينطبق هذا على الانسان الذي يعتبر ارقى الحيوانات .

٢ — صفات الكائن الحي :

آ — التعضي : لكل كائن حي معين حجم معين وشكل معين فليس هناك

حيوان او نبات بدون شكل كما هي الحال في بعض الجمادات كالماء والهواء . ويعتبر وجود الهيولى (البروتوبلاسما) من اول صفات الكائن الحي وهي مادة عديمة اللون نصف مائعة توجد حيثما وجدت الحياة . وتتألف الهيولى من قسمين اساسيين : الهيولى الخلوية (سيتوبلاسما) والنواة . وهما يؤلفان معاً وحدة تامة اطلق عليها اسم الخلية . وقد تختلف الخلايا من كائن حي الى آخر اختلافا كبيرا في الصفات العامة لكنها تحتفظ جميعها بالصفات الاساسية التي تميزها عن الجمادات .

ب - التركيب الكيميائي : ان العناصر الكيميائية الداخلة في تركيب المادة الحية هي نفسها التي تدخل في تركيب الجمادات الا ان المركبات الناتجة عن اتحاد هذه العناصر تكاد تكون خاصة بالكائنات الحية . ويقدر عدد العناصر التي توجد في الهيولى بكميات يسهل كشفها ومعايرتها بأربعة عشر عنصراً مع ان عدد العناصر في الطبيعة يبلغ اثنين وتسعين عنصراً ، ولا توجد هذه العناصر الاربعة عشر كلها في جميع خلايا الكائنات الحية الا ان اربعة منها وهي الكربون والاوكسجين والهيدروجين والآزوت توجد في كل مادة حية على التقريب . واهم المواد العضوية المرتبطة بالمادة الحية هي السكريات والدسم والهيولينات (البروتينيات) وهذه الاخيرة اعقد المركبات العضوية اطلاقاً .

ج - النشاط الهيولي :

١ - الاستقلاب : ليست المادة الحية ساكنة بل متبدلة باستمرار ويتم هذا التبدل بتناول المواد الغذائية من المحيط الخارجي وتحويلها ثم التخلص من الفضلات وتطلق كلمة الاستقلاب للدلالة على مجموع هذه العمليات الثلاث ، فما كان منها في سبيل بناء المادة الحية سمي بالتمثل او تطور التركيب وما كان في سبيل هدم المادة سمي بتضاد التمثل او تطور التقويض . ويتطلب التمثل

وتضاد التمثل قدرة يحصل عليها الكائن الحي من الاغذية بتبديل تركيبها ؛ ويتم ذلك بالاكسدة غالباً وهذا مانسميه التنفس ، لذا كانت كل الكائنات الحية تتنفس (تأخذ الاوكسجين لاحداث الاكسدة وتطرح ثاني اكسيد الكربون الناتج عن ذلك) .

٢ — النمو : قلنا أن المادة الحية متبدلة متطورة تقوم بالتمثل كما بتضاد التمثل فاذا كان هناك توازن بين هاتين العمليتين احتفظت المادة الحية بشكلها وحجمها فلا تنمو، الا انه اذا اختل التوازن بزيادة تضاد التمثل مالت المادة الحية الى التلف أما اذا كان اختلال التوازن بزيادة التمثل فان المادة الحية تنمو . ويكون نمو الكائنات الحية وفق طريقة معينة. فكل كائن حي يتبع سلفه في نموه .

٣ - التكاثر

يعتبر التكاثر من الصفات الرئيسية للكائنات الحية فالجمادات لاتتكاثر مطلقاً . والتكاثر عملية معقدة تؤدي الى نشوء كائن حي يشابه سلفه الذي نشأ منه الى حد كبير ؛ والواقع انه لاتوجد طريقة بسيطة للتكاثر ، ولكن أبسط الطرق هو ماكان بواسطة الانقسام الخلوي وهذا مايحدث غالباً في الكائنات الحية البسيطة التركيب كالحيوانات والنباتات وحيدة الخلية ، أما في الاحياء الاخرى فيتم التكاثر بطرق أكثر تعقيداً سنتطرق اليها فيما بعد .

الاستثارة والتكيف :

كل مادة حية تجيب على التنبيه الوارد اليها من خارجها ، وتتضاءل هذه الصفة في النباتات ولكنها لاتنعدم . هذه الخاصة هي الاساس في قدرة الكائن الحي على التلاؤم مع البيئة التي يعيش فيها الكائن الحي أما أن يتلاءم

ويتكيف مع محيطه أو يموت وكلنا يعلم كيف تتغير صفات النبات عندما يرتفع من السهل الى الجبال وكيف تختلف صفات الحيوانات التي تعيش في الماء عن الحيوانات التي تعيش في البر .

وسندرس فيما يلي أهم صفات الكائنات الحية هذه وهي صفة التكاثر .

التكاثر

ان القدرة على انتاج كائنات حية جديدة هي من الصفات الاساسية في الحيوانات والنباتات . وقد استطاع علماء الحياة الاقدمون فهم كيفية التكاثر في الحيوانات الراقية أما بالنسبة للكائنات الحية الاخرى فقد ساد الاعتقاد قروناً طويلة بأن بعض أشكال الحياة يمكن أن تنشأ من مواد غير حية وذلك بالتكاثر العفوي فاعتقد أن الديدان تنشأ من الطين وأن الذباب ينشأ من اللحوم المتفسخة ، وقد بدأ منذ زمن فرانشسكوريدي بنبذ هذه الاعتقادات الخاطئة ، اذ تمكن هذا العالم أن يبين في عام ١٦٦٨ أن الذباب لاينشأ من اللحوم الا اذا تركت عليها ذبابة حية بعض البيوض. ومع ذلك فقد بقي الاعتقادسائداً حتى منتصف القرن الماضي بان الجراثيم والعضويات المجهرية الاخرى تنشأ بصورة عفوية . وفي سنة ١٨٦١ تمكن لويس باستور من نفي وجود التكاثر العفوي وذلك بتعقيمه للمزارع وحفظها بعيدة عن التلويث بالجراثيم أو بيوغها ، وقد بقيت هذه المزارع المعقمة والمحفوظة مدة طويلة بدون أن تظهر فيها كائنات حية .

التكاثر اللاجنسي :

يسمى التكاثر لا جنسياً عندما يتم بواسطة فرد واحد ليس له جهاز تكاثر خاص ، ونشاهد مثل هـــذه الطريقة في التكاثر في كثير من النباتات والحيوانات في الدنيا . فوحيدات الخلية كالبراميسيوم تتكاثر بالانشطار المزدوج حيث ينقسم الفرد الى نصفين متساويين عادة فتنقسم النواة اولا ثم الهيولى الخلوية ، ويتم كل نصف بعد ذلك نموه حتى يشكل فرداً كاملاً . وقد تحدث عدة انشطارات متوافقة فتؤلف بمجموعها حادثة التبوغ او التبرز تلك الحادثة المصادفة في الحيوانات البوغية كعامل البرداء . فالنواة هنا تنقسم عدة انقسامات متتالية ثم تتوزع الهيولى الخلوية حول كل من النوى البنات فتكون كل نواة فرداً جديداً .

اما التبرعم فهو طريقة للتكاثر ينشأ فيها الفرد الجديد من برزة صغيرة او برعم يظهر على الحيوان البـالغ ، ويتم هذا البرعم نموه ليشكل فرداً تاماً يشبه الفرد الاصلي حجماً وشكلاً .

التكاثر الجنسي :

يتكاثر معظم الحيوانات والنباتات بهذه الطريقـة التي يتكون الفرد الجديد فيها من خلايا جنسية تنشأ من ابوين . ويتم ذلك باتحـاد خليتين جنسيتين من نوعين مختلفين (مذكرة ومؤنثة) ونشاهد في النباتات وحيدة الخلية طرق تكاثر تشبه الطريقة الجنسية في الحيوانات العليا .

ففي الحيوانات المهـدبة يتحـــد فردان متشابهـان ظاهراً ويتبادلان بعض المواد النووية ثم ينفصلان ليحدث في كل منها انشطار ثنـائي . وكذلك في الحيوانات البوغية تتكون في احـدى مراحل الحيـاة افراد مختلفـة (الاعراس

الصغيرة والاعراس الكبيرة) ، ثم يتحد كل فرد مع قرينه المقابل ليكونان فرداً جديداً يتم دورة حياة الحيوان .

اما في الحيوانات كثيرة الخلايا فالجنس هو مجموع الصفات الوظيفية والبنيوية التي تميز الذكر عن الانثى ويعطي كل من الجنسين خلايا جنسية منفصلة . فالخلايا التي يعطيها الذكر صغيرة تعرف بالنطفة والخلايا التي تعطيها الانثى اكبر حجماً وتعرف بالبييضة . وقد يختلف الجنسان عن بعضها بالشكل الخارجي او الداخلي كما قد يكون الاختلاف وظيفياً ونفسياً هذا عدا الاختلاف الضروري في بنية اجهزة التكاثر في كل منها .

تتكون الخلايا الجنسية في اعضاء غدية تسمى المناسل فتتكون النطفة في الخصية بينما تتكون البييضة في المبيض وتعتبر المناسل هذه الاعضاء الجنسية الاولية وتلحق بهذه الاعضاء اجزاء اخرى ضرورية لاتمام عملية التكاثر قد تكون مفردة او مزدوجة او متعددة وذلك بحسب نوع الحيوان .

واذا وجد جهاز التناسل المذكر مع جهاز التناسل المؤنث في حيوان واحد سمي الحيوان وحيد الجنس كما في الديدان المسطحة وديدان الارض . اما اذا كان كل من الجهازين منفصلاً عن الآخر في فرد مستقل سمي الحيوان ثنائي الجنس وكل الحيوانات الفقارية وبعض عديمات الفقار من هذا النوع ؛ وتطلق صفة الخنث على الحيوانات وحيدة الجنس وعلى الحيوانات التي يصادف فيها جهاز التناسل في فرد واحد بصورة شاذة .

جهاز التكاثر في الانسان

اجراء تشريح خصية خروف عملياً اثناء الدرس

تختلف أجهزة التكاثر من حيوان الى آخر ولكنها تتصف جميعها بصفات اساسية متشابهة وسندرس كمثال عليها أجهزة التكاثر في الانسان .

١ - المناسل المذكرة او الخصيتان :

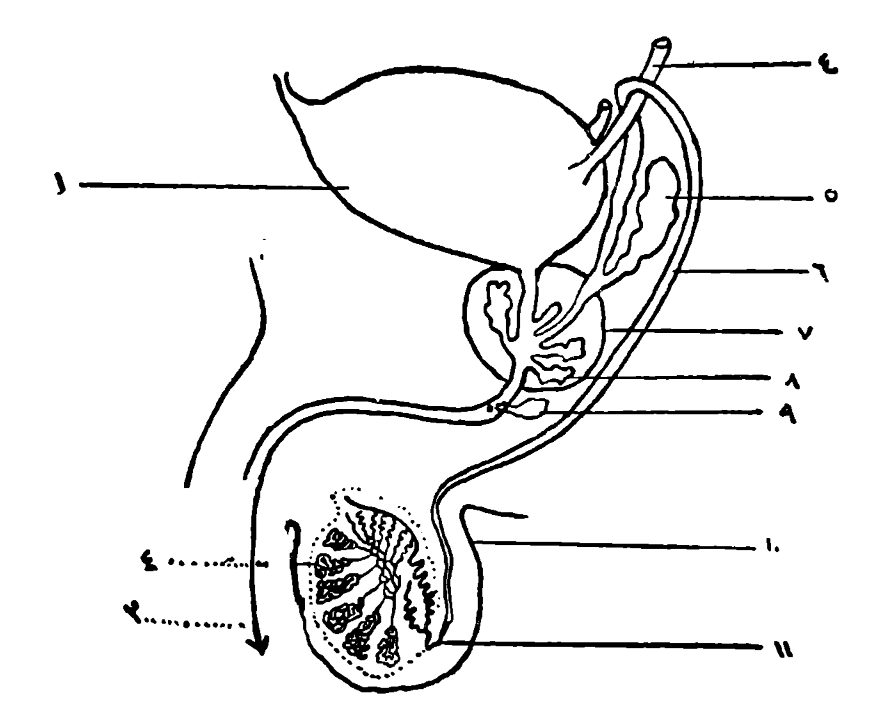
الخصيتان جسمان متناظران بيضيان تقيس أبعادهما ٤ × ٢٫٥ × ٢ سم وتزن الخصية الواحدة أربعة عشر غراماً . تتدلى الخصيتان في كيس الصفن معلقتين بواسطة الحبل المنوي ، ولكل منها ثلاث لحف . تنشأ اللحافة الاولى من الصفاق الباريطون بينما تكون الثانية ليفية والثالثة وعائية تنتشر الى داخل الخصية . وتتألف الخصية من فصيصات يحتوي كل فصيص منها على أنابيب دقيقة ملتفة لمد اثنين أو ثلاثة وتبدأ بنهاية عوراء ، وفي هذه الانابيب تتشكل النطف التي تتألف من رأس بيضي هو النواة وذنب طويل يؤمن للنطفة حركتها وتوجد بين هذه ألانابيب الدقيقة بعض الخلايا البشرية المظهر التي تؤلف مايعرف بالنسيج الخلالي .

ويجدر بنا أن نذكر هنا أن الخصيتين معلقتان قسمياً بالحبل المنوي

وأنهما تتغلفان بكيس جلدي يسمى الصفن ووظيفته وقاية الخصيتين وذلك بأن يسمح لهما بالانزلاق داخله لتجنب الضغط الواقع عليهما أثناء الجلوس أو الوضعيات المزعجة . ويختلف منظر هذا الكيس باختلاف صحة الشخص وسنه وحرارته ، فهو عادة متقاص متجعد يدفع بالخصيتين نحو العانة أما في حالة المرض فيبدو مسترخياً أملساً .

الاعضاء المذكرة الملحقة :

هي أعضاء ضرورية لنقل النطف الى جوار البييضات التي تكون عادة



شكل (١) الاعضاء المذكرة الملحقة (مقطع طولي)

١ المثانة ٢ ـ الانابيب ٣ ـ مجرى الاحليل ٤ ـ الحالب ٥ ـ الحويصل ٦ ـ الحبل المنوي ٧ ـ محفظة المرثة ٨ ـ الجيوب الموثية ٩ ـ الغدة البصلية الاحليلية ١٠ الصفن ١١ القناة الدافقة

داخل حوض الانثى . وتشتمل على الاوعيه الناقلة والحويصلات المنوية والموثة والقضيب . فالانابيب الدقيقة الملتفة او الانابيب المنوية تتحد مع بعضها لتكون انابيب اوسع تعد نحواً من عشرين انبوب يطلق عليها اسم الاوعية الناقلة . لانها تنقل النطف الى خارج الخصية . ثم تتحد هذه الاوعية فتؤلف انبوباً طويلا ملتفاً يسمى البربخ يستقر على القطب العلوي من الخصية . ويلعب البربخ دور خزان للنطف بسبب طوله الذي يقرب من ستة امتار وينتهي البربخ بأنبوب ذي جدران عضلية ثخينة يسمى القناة الدافقة تكمل سيرها عبر القناة المغبنية لتصب في مجرى الاحليل في اقسامه الاولى المجاورة للموثة ، وتتفرع منها قبل مصبها على الاحليل قنية صغيرة تصل القناة الدافقة بحويصل عضلي غشائي يلعب دورخزان للنطف ايضاً يسمى الحويصل المنوي يستقر خلف المثانة .

الموثة هي عضو غدي عضلي بحجم ثمرة الكستناء يحيط بالقسم الاول من الاحليل ويفرز سائلاً آحياً كثيفاً يدعى المني يختلط مع النطف ليشكل ما يسمي بالسائل المنوي .

وظائف الخصية :

تلعب الخصية دوراً مضاعفاً فهي غدة ذات نوعين من الافراز : الاول خارجي ويقوم على تكوين النطف في الانابيب المنوية وافراغها الى القنوات ، والثاني داخلي يقوم على افراز حاثة خاصة اطلق عليها نسبة لمصدرها اسم التستوسترون وهي مادة تحدث التطور الجنسي في الذكر . والخلايا المفرزة لهذه الحاثة هي خلايا النسيج الخلالي المستقرة بين الانابيب المنوية .

تأثير الغدة النخامية على الخصية :

نلاحظ عند دراسة وظائف المناسل بأن هذه الغدة لاتتحكم بحرية في عملها

ومسيرها للاسباب التالية : لاتتطور مناسل الحيوانات التي استؤصلت غدتها النخامية بل تضمر وينعدم نضج النطف والبييضات . وبالعكس فان اعطاء خلاصات الفص الامامي للنخامة الى الحيوانات غير البالغة يسرع نضجها الجنسي ويستنتج من هذا ان المناسل تقع تحت سيطرة مادة او مواد تفرزها خلايا الغدة النخامية . وقد تبين بنتيجة الملاحظات السريرية والاعمال الخبرية ان هناك حاثتين منشطتين للمناسل تفرزهما خلايا الفص الامامي للغدة النخامية وهما :

١ ــ **حاثة نضج الاعراس** : وهي التي تحرض التبدلات الخلوية الضرورية لتجعل الاعراس ناضجة وصالحة للالقاح . وتتنبه الخصيتان والمبيضان بنفس الحاثة التي اما ان يكون لها تأثير مذكر او مؤنث .

٢ ــ **الحاثة الملوتة** : وهي حاثة خاصة بالاناث تبدأ بتشكيل الجسم الاصفر بعد الاباضة (خروج البيضة من المبيض) وتدفع الى افراز حاثة اخرى تسمى البروجسترون سنتعرض لدراسة الجسم الاصفر وحاثته عند دراسة جهاز التناسل عند الانثى) . فالبلوغ اذن في كل من الجنسين يتعلق ببدء تكون الحاثات الجنسية في النخامة ؛ وتتمتع هذه الحاثات بتأثير مزدوج : تأثير بنيوي يتجلى بنضج في الاعراس ونمو الاعضاء التناسلية الملحقة وتأثير نفسي عاطفي ، يوجه سلوك الفرد في احد الاتجاهين الجنسيين .

الحاثات المذكرة :

هي مواد كيميائية (طبيعيه او تركيبية) قادرة بعد حقنها على احداث التطور الجنسي واظهار الصفات الجنسية الثانوية [1] في الذكور غير البالغة او

---

(١) يقصد بالصفات الجنسية الثانوية في كل من الجنسين المميزات التي يكتسبها الفرد بعد البلوغ والتي تتأثر باستئصال المناسل ، اذ تضمر بعد هذا الاستئصال الاعضاء الملحقة وتغيب الصفات الظاهرية التي تميز الجنسين عن بعضها اما الصفات الجنسية الاولية فيقصد بها تكون المناسل .

الخصية . ويعتبر التستوستيرون اهم حاثة فيها اذ يحدث تأثيرات مختلفة نجملها فيما يلي :

آ - نمو الاعضاء المذكرة الملحقة التي اتينا على ذكرها وهي القضيب والموثة والقناة الدافقة والحويصلات المنوية والصفن .

ب - تطور الصفات الجنسية الثانوية في الذكر البدنية منها والنفسية .

الصفات البدنية : نقص سعة الحوض الذي يظهر بجلاء عند مقارنته بحوض الانثى؛ خشونة الصوت ؛ ثم التوزع الخاص للاشعار والغدد الدهنية والمدخرات الدسمة تحت الجلد.

الصفات النفسية : هي التي يعبر عنها بأنها سلوك لمذكر الذي يميز الفرد الذكر عن الانثى .

ج - التأثيرات الاستقلابية : وهي زيادة النمو وازدياد طول العظم قبل تكلس غضاريف الاتصال وكذلك زيادة نمو العضلات ووزن الجسم . غير ان بقية الغدد الاخرى تشترك على الاغلب في احداث هذه التأثيرات .

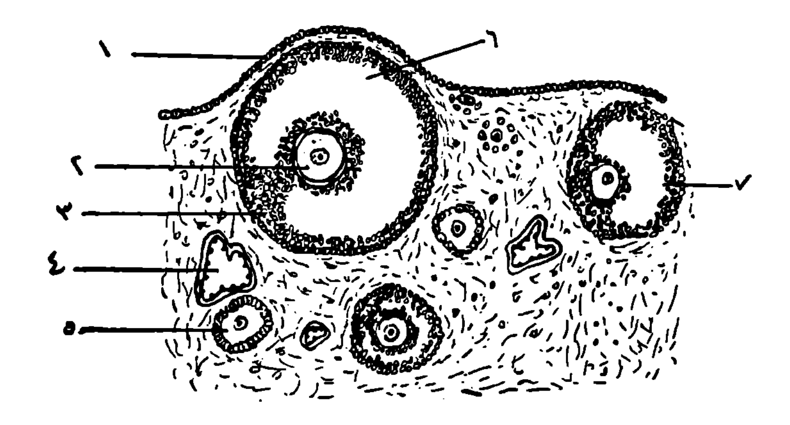
التستوستيرون :

هو الحاثة الخاصة التي تفرزها الخلايا الخلالية في الخصية وهو المسؤول في الشخص الطبيعي عن التأثيرات التي اتينا على ذكرها وتسيطر حاثات الغدة النخامية على افرازه اذ لاشك ان هناك تأثيرات متبادلة بينه وبين هذه الحاثات . يفرغ التستوستيرون مع البول بشكل مركبات ضعيفة التأثير .

ثانياً : المناسل المؤنثة او المبيضان :

المبيضان جسمان مزدوجان يقع كل منهما بجانب الرحم تحت النفير (اي القناة الناقلة للبيوض) ووراء الرباط العريض الذي يثبت الرحم ويغطي كل مبيض طبقة من الخلايا المكعبة تعرف بالظهارة المنتشة التي يرتد اليها منشأ

البيضات ويكون المبيض بعد الولادة محشواً بحويصلات صغيرة مختلفة الحجـــم يجوز



شكل (٢) المبيض (مقطع طولي)
١ــ الظهارة المنتشة ٢ــ البييضة ٣ــ الخلايا الجرابية ٤ ــ وعاء دموي ٥ــ جريب ابتدائي
٦ــ الجوف الجرابي وفيه السائل الجرابي ٧ ــ جريب صغير

عددها الخمسين الفاً ويطلق عليها اسم الجريبات المبيضية .

ينمو بعض هذه الجريبات ثم ينفجر وبانفجاره تتحرر البييضات الناضجة تسمى الحادثة هذه الاباضة ، وهي تتكرر بصورة متلاحقة بفاصلة تقرب من اربعة اسابيع .ولا تنمو الجريبات جميعها دفعة واحدة بل ينمو جريب واحد او جريبان في الشهر .

تبدأ اولى حوادث الاباضة منذ زمن البلوغ وتستمر حتى اواخر العقد الرابع تقريباً . فيبلغ بذلك عدد الجريبات التي انفجرت نحواً من خمسمائة جريب ، اما العدد الكبير الباقي في الجريبات الذي كان موجوداً في المبيض منذ الولادة فانه يعاني تلفاً حؤولياً وتكون الجريبات في المبيض قريبة من السطح الخارجي في منطقة تعرف بقشرة المبيض . ويتألف الجريب في البدء من البييضة تحيط بها طبقات من الخلايا الجرابية وتغلف الجميع طبقتان من الخلايا (الباطنة منها خلوية وعائية والظاهرة ليفية) . وعند بدء النمو يحتفر الجريب بجوف يمتلىء بسائل

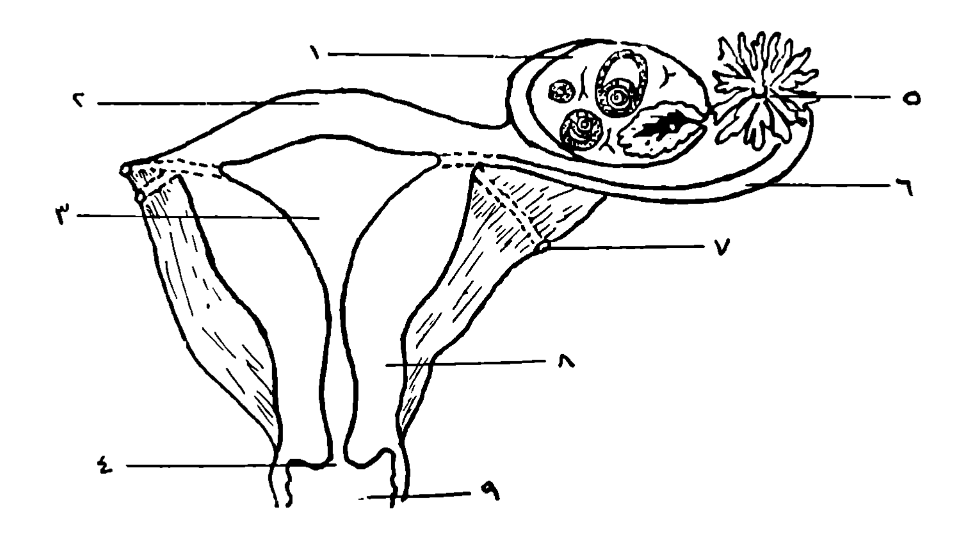
جرابي لايلبث أن يتزايد حتى تحدث الاباضة فينطلق دافعاً معه البييضة الناضجة .

وبعد انطلاق البييضة يستمر الجريب في نموه مكوناً جسماً غدياً مصفراً هو الجسم الاصفر ، الذي يضمحل سريعاً اذا لم يحدث الالقاح بينما يستمر عمله عدة شهور اذا تلقحت البييضة .

تحرر الجريبات المنفجرة حاثة تسمى الاستراديول بينما يفرز الجسم الاصفر حاثـة أخرى تعاكسها في التأثير تسمى البروجسترون وتسيطر الغدة النخامية بنشاطها الدوري على كل من الحاثتين .

الاعضاء المؤنثة الملحقة :

هي أعضاء تقوم باستقبال البييضة ثم نقلها الى الرحم كما تقوم باستقبال النطف التي يفرغها القضيب ونجمل دراسة هذه الاعضاء فيما يلي :



شكل (٣) الاعضاء المؤنثة الملحقة (مقطع طولي)

١ــ المبيض وتبدو فيه الجريبات مع جسم اصفر ٢ - سقف الرحم ٣ - جوف الرحم ٤ ــ فوهة الرحم ٥ ــ الصيوان ٦ ــ النفير ٧ ــ الرباط المدور ٨ ــ جدار الرحم ٩ ــ المهبل

آ ـ النفيران الرحميان :

وقد سميا ايضاً نفيرا فالوب ، وهما انبوبان عضليان يبلغ طول كل منهما نحواً من عشرة سنتمترات وظيفتها نقل البييضة من المبيض الى جوف الرحم . تتصل احدى نهايتي النفير بالرحم عند الزاوية العلوية الوحشية اما النهاية الاخرى وتدعى الصيوان فهي قريبة جداً من سطح المبيض ولها زوائد كثيرة تجتذب بحركتها البييضة بعد انطلاقها من الجريب .

ب ـ الرحم : هي عضو عضلي مجوف ابعادها ٧،٥ سم ــ ٥ سم ــ ١ سم تقع في الجويف الحوضي بين المثانة والمستقيم ينفتح عليها النفيران في نهايتيها العلويتين بينما تتصل نهايتها السفلى بالمهبل . اما الجدران فهي غليظة جداً لان الرحم عضلة قوية تستطيع اثناء تقلصها قذف الجنين . ويحدث القاح البييضة عادة في الثلثين الوحشيين من النفير وقد يحدث احياناً في الرحم . وللرحم تقلصات منتظمة تتبع نظاماً خاصاً عضلي المنشأ ولكنه يخضع لسيطرة الحاثات والجهاز العصبي .

ج ـ المهبل :

هو قناة عضلية تصل بين الوسط الخارجي وعنق الرحم يحوز طولها سبعة سنتمترات ويبطنها نسيج رصفي ظهاري . ويسد مدخل المهبل سداً قسمياً غشاء رقيق هلالي في الغالب يدعى غشاء البكارة يتمزق بسهولة اثناء المقارنة الجنسية الاولى . ويعتبر المهبل الممر الطبيعي للجنين اثناء الولادة . ولابد ان نشير هنا الى ان مجرى البول في الانثى مستقل عن المجرى التناسلي بخلاف الحالة في الذكور فهو ينفتح بفوهة خاصة تقع في أعلى فوهة المهبل .

الحاثات المبيضية :

يعتبر للحاثات المبيضية نوعان : يضم الاول المواد الاستروجينية والتي

ذكرنا منها الاستراديول ويضم الثاني البروجسترون ومشتقاته . ويعمل هذان النوعان من الحاثات بصورة متناسقة على الرغم من تعاكسها بالتأثير ، وقد امكن في الوقت الحاضر صنع الكثير منها بطريقة التركيب .

آ ـ المواد الاستروجينية :

هي المواد التي تفرزها خلايا الجريب المبيضي والتي توجد بكثرة في السائل الجرابي . وقد اكتشفت منها ثلاث حاثات هي الاستراديول ،الاسترون والاستريول وتمتاز الحاثة الاولى بشدة التأثير وتعمل هذه الحاثات في عضلة الرحم فتزيد مقويتها وتسبب فيها تقلصات متكررة قليلة السعة اما في الرحم الحاملة فهي تزيد في تحسس العضلة الرحمية نحو حاثة خاصة (حاثة الوضع) تفرزها خلايا الفص الخلفي للنخامة .

ب ـ البروجسترون :

هو حاثة تفرزها خلايا الجسم الاصفر ووظيفتها تهيئة غشاء الرحم المخاطي لقبول البيضة الملقحة وتعشيشها فيه . فاذا حدث الالقاح استمر الجسم الاصفر في افراز هذه الحاثة فيتكون نتيجة لذلك عضو جديد يستقر في جدار الرحم يسمى المشيمة وظيفته تثبيت الجنين في الرحم وتأمين الاتصال بين جهاز الدوران في الام وجهاز الدوران في الجنين كما يقوم بافراز البروجسترون خلال الاشهر الاخيرة من الحمل بعد توقف الجسم الاصفر واضمحلاله ومن الضروري ان نعود فنؤكد هنا تناسق الهرمونات المبيضية في عملها اذ لولاها تتوقف جميع الوظائف الجنسية من اباضة وطمث وحمل ووضع وارضاع .

الطمث :

بعد حدوث الاباضة وانطلاق البيضة يبدأ الجسم الاصفر عمله محدثاً تبدلات في

غشاء الرحم المخاطي تتجلى بتمدد غدده وانتفاخه وامتلائه بالدم . وتعتبر هذه التبـدلات تمهيداً لتعشيش البيضة الملقحة او بالاحرى تمهيداً للحمل . فاذا لم يحدث لالقاح ضمر الجسم الاصفر وتراجع وانقطع افراز البروجسترون . وتنهدم نتيجة لذلك جميع التبدلات السابقة في غشاء الرحم المخاطي وتطرح خارجاً بشكل فضلات تؤلف مع الدم الآتي من الاوعيـة ليملأ الغشاء المخاطي المنتفخ مايسمى بدم الطمث او الحيض ، وهو دم يتصف بعدم تخثره وباختلاف غزارته من امرأة الى اخرى اذ يستمر النزف الطمثي مدة تتراوح بين ٤–٧ ايام.

الدورة الطمثية

هي المدة الفاصلة بين بدء نزفين طمثيين متتاليين في امرأة طبيعية غير حامل لاتزيد عادة عن اربعة اسابيع . ويبدأ الطمث عند البلوغ ويستمر حتى سن اليأس اي من السنة الثالثة عشرة من العمر حتى السنة الخامسة والاربعين على وجه التقريب .

تحدث في المرأة البالغة اثناء الدورة الطمثية تقلصات رحمية عفوية تتبع نظاماً خاصـاً يختلف حسب مراحل الدورة بينما تبقى الرحم ساكنة في المرأة التي استؤصل مبيضاها . وتعتبر الآلام السابقة للطمث التي تستقر غالباً في الظهر نتيجة لازدياد التقلصـات الرحمية بسبب افراز الاستراديول وهي تزداد شدة بتأثير العوامل النفسية وتخفف جداً باعطـاء البروجسترون .

وظائف المبيض :

للمبيض كما في الخصية نوعان من الافراز : الاول خارجي يقوم على تكوين البييضات ثم ابلاغها ناضجة قابلة للالقاح والثاني داخلي يقوم على افراز خاثتين اتينا على ذكرهما تحدثان وتنظمان التطور الجنسي في الاناث .

تكون الخلايا التناسلية او الاعراس :

تتكاثر الخلايا التناسلية الاولى الموجودة في المناسل بانقسامها انقساماً متنفساً يشبه مايقع في خلايا الجسم الاخرى ، فتنقسم الصبغيات انقساما طولياً بنصفها تماماً ويؤمن لكل خلية بنت صبغيات مشابهة لصبغيات الخلية الام ومساوية لها بالعدد (اي العدد المضاعف ٢ ن) وينحدر أحد أفراد كل زوج من هذه الصبغيات من الاب ، بينما ينحدر الفرد الآخر من الام . وعند اقتراب النضج الجنسي يسرع تكاثر الخلايا التناسلية المذكورة التي تسمى في هذه المرحلة المنسليات المنوية (الخلايا المنوية الابتدائية) في الذكور أو المنسليات البيضية (الخلايا البيضية الابتدائية) في الاناث . ثم تطرأ على هذه الخلايا قبل ان تصبح قابلة للالقاح عدة تبدلات هامة يعتبر الانقسام المنصف في طليعتها . وتختلف الاعراس الذكرية عن الاعراس الانثوية بالشكل والحجم والوظيفة ، ولكن التبدلات الغددية التي تطرأ على المنسليات والتي تؤدي الى تكون الاعراس تتشابه في كلا الجنسين .

الانقسام المنصف :

يعتبر هذا الانقسام في الحقيقة انقسامان متتاليان بدون فترة فاصلة ، وهما يختلفان عن الانقسام المتنفس بامرين أساسيين .

آ – يكون عدد الصبغيات في الاعراس الناتجة نصف العدد الاصلي المضاعف الموجود في المنسلية المنوية أو البيضية أو أية خلية اخرى من خلايا الجسم ، كما أن الصبغيات الموجودة في نوى الاعراس تكون مفردة لا أزواجاً وكل واحدة منها عبارة عن فرد أتى من زوج صبغي كان في النواة الاصلية .

ب – ان كل زوج من الصبغيات الموجود في النواة الاصلية يتوزع الى

النواتين البنتين ، فيذهب أحد افراده الى نواة بنت والآخر الى النواة الاخرى . وليست هناك قاعدة في هذا التوزيع بل يكون الامر تابعاً للصدفة .

وهكذا عندما تتحد عروس ذكر مع عروس انثى اثناء الالقاح تعود الصبغيات في البيضة الناتجة وفي خلايا الفرد المتكون عنها الى العدد الاصلي المضاعف (٢ ن) .

ان الصدفة التي تلعب دوراً هاماً في توزيع الصبغيات في الانقسام المنصف وفي اجتماع النطف مع البييضات تفسر لنا التنوع الهائل في صفات أفراد الجيل الناتج ، اذ تعتبر الصبغيات حوامل الصفات الارثية .

تكون النطف :

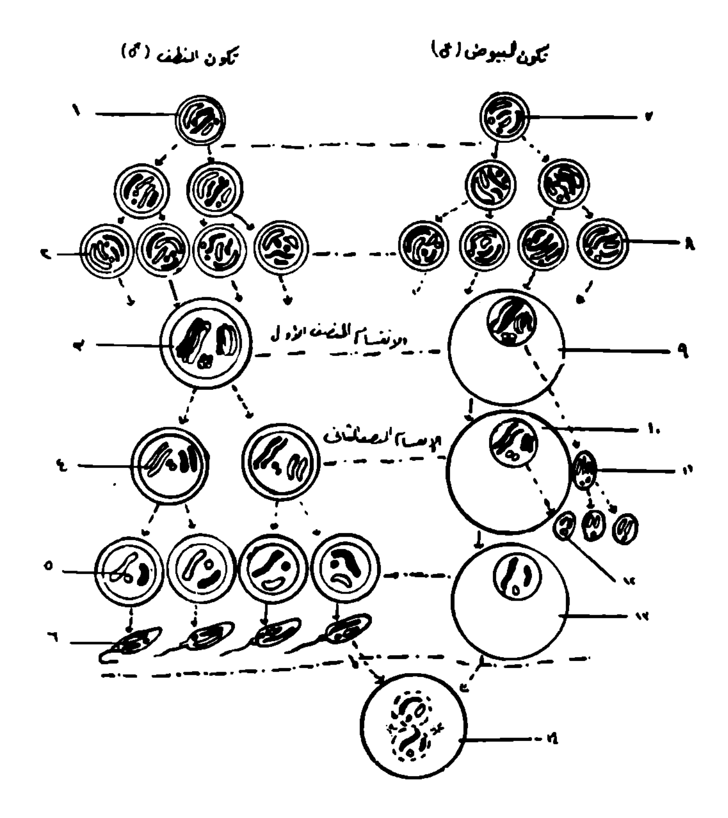
عندما ينضج الفرد الذكر جنسياً تبدأ المنسليات المنوية بالتكاثر بطريقة الانقسام المتنف ثم تمر كل منها في فترة نضج يزيد فيها حجمها فتسمى الخلية المنوية الاولية وفي الدور الاول من الانقسام المنصف الاول يظهر في النواة العددالصبغي المزدوج (٢ن)[1] ويتوضع كل زوج من هذه الصبغيات بصورة متوازية تقريباً ، لذا سميت هذه الظاهرة بالازدواج .

ثم يبدأ كل صبغي بالانقسام طولياً الى صبغيين اثنين يبقيان متلاصقين فيصبح كل زوج من الصبغيات الاصلية أربعة صبغيات يطلق على مجموعها اسم رباعية ، ويتوقف انقسام الصبغيات عند هذا الحد . وبعد ذلك تثخن الصبغيات وتقصر في كل خلية منوية اولية، ثم يتشكل مغزل تترتب عليه الرباعيات في مستو استوائي .

---

(١) يصعب تمييز الصبغيات في النواة التي ليست في دور الانقسام اذ تكون متناثرة في المادة النووية ، مما حدا بالبعض الى اعتبار الصبغي شريطاً مكوناً من جزئيات صبغية وقد أيدت الملاحظات الحديثة صحة هذا الافتراض الى حد كبير .

وفي الدور الثاني تنفصل الرباعيات الابوية عن الرباعيات الامية انفصالاً خفيفاً يتلوه في الدور الثالث اتجاه احد أزواج كل رباعية نحو أحد قطبي الخلية واتجاه الزوج الثاني نحو القطب الآخر ، ويلاحظ أن توزع الصبغيات الى القطبين لايتبع قاعدة ما فالازواج التي اتجهت لى أحد القطبين هي أزواج خليطة : أبوية وامية . تسمى الخلايا الناتجة عن



شكل (٥) تكون النطف والبيضات (شكل ترسيمي)
١ و ٢ - المنسليات المنوية ٣- الخلية المنوية الاولية ٤ الخلية المنوية الثانوية ٥ - النطيفة ٦- النطفة ٧ و٨ - المنسليات البييضية ٩ - الخلية البييضية الاولية ١٠ - الخلية البييضية الثانوية ١١- الكرية القطبية الاولى ١٢- الكرية القطبية الثانية ١٣ - البييضة ١٤- الالقاح وانصهار النواتين

هذا الانقسام الخلايا المنوية الثانوية وتحوي نواها العدد (ن) من الصبغيات او العدد (٢ ن) من الصبغيات .

يتلو هذه المراحل جميعها وبدون فترة راحة الانقسام المنصف الثاني ويبدأ بتشكيل مغزل جديد في كل خلية منوية ثانوية وتأخذ الصبغيات وضعاً استوائياً ثم ينفصل كل صبغي عن قرينه متجهاً نحو أحد القطبين ويتجه الصبيغي الآخر نحو القطب المقابل . ولتشكل بهذا خليتان جديدتان تسمى كل واحدة منها النطفية .

وهكذا تنتج عن كل خلية منوية أولية أربعة نطيفات تحوي نواها العدد (ن) من الصبغيات . وكل صبغي منها يمثل أحد الصبغيين المتقابلين المتوازيين اللذين كانا في الخلية المنوية الاولية ، وهو اما أن يكون من الاب أو من الام .

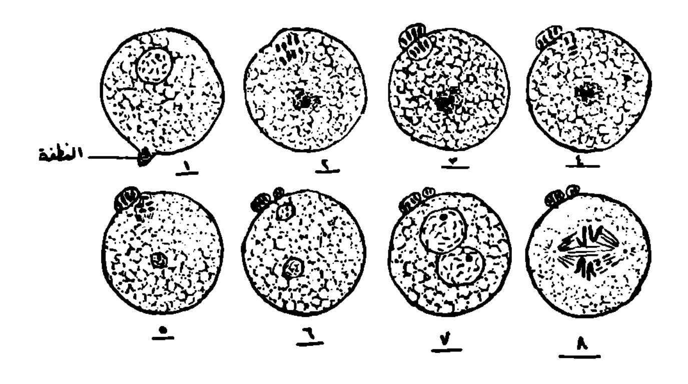
ولايقف الامر عند هذا الحد ، بل يطرأ على النطفية تطور شكلي يتجه بفقد كمية كبيرة من الهيولى الخلوية وبتكثف النواة وازدياد ولعها بالالوان . وهكذا تكون النواة رأساً تتلوه بقية من الهيولى الخلوية تتشكل وراءه قطعة متوسطة فيها جسم مركزي أو جسيمان وذنباً طويلاً متحركاً وتصبح النطيفة بعد هذه التبدلات خلية تناسلية ناضجة تستطيع القاح البيضة فتسمى النطفة ، وليعلم أن الاعراس الذكرية لاتخرج من الخصية الا بشكل نطف .

تكون البييضات :

تتحول المنسلية البيضية في المبيض الى خلية بيضية أولية بأن يزداد حجمها كثيراً ويظهر المح فيها . أما الازدواج وتكون الرباعيات واختزال عدد الصبغيات فيحدث تماماً كما في تكون النطف ويشذ عن ذلك توضع المغزل الذي يكون هنا هامشياً .

ففي الانقسام المنصف الاول يبقى كامل الهيولى الخلوية تقريباً حول احدى النواتين ليشكل الخلية البيضية الثانوية وتبقى النواة الاخرى ملاصقة لهذه الخلية بشكل كرية قطبية صغيرة . ويحدث الامر نفسه في

الانقسام المنصف الثاني اذ تشكل الهيولى الخلوية مع نواة واحدة البييضة بينما تكون النواة الاخرى كرية قطبية ثانية . وتصبح البييضة هذه ناضجة للالقاح بعد تغير طفيف جداً في موضع النواة وهكذا فان المنسليه البيضية لاتنتج الا بييضة واحدة على الرغم من تشابه الانقسامات النووية في كل من الجنسين . ولابأس ان يذكر هنا ان الانقسام المنصف في بعض الانواع الحيوانية لايحدث الا بعد دخول النطفة الى البييضة ، اما في الانسان فمن الراجح ان الانقسام المنصف الثاني يحدث بعد التلقيح .



شكل(٦)الالقاح
١ـ دخول النطفة الى البييضة ٢ـ الانقسام المنصف الاول ٣و٤ ـ طرح الكرية القطبية الاولى ٥ ـ الانقسام المنصف الثاني ٦ ـ طرح الكرية القطبية الثانية ٧ ـ بدء انصهار النواة الانثوية مع النواة الذكرية ٨ ـ تشكل البيضة الملقحة

الالقاح .

يدعى اتحاد نطفة مع بييضة ناضجة بالالقاح ، كما تعرف الخلية الناتجة عن هذا الاتحاد بالبيضة الملقحة . وهي خلية تحوي في نواتها العدد (٢ ن) من الصبغيات . وتتجلى حادثة الالقاح بمظهرين : الاول فيزيائي وهو دخول النطفة

الى البيضة والثاني وظيفي يشمل التبدلات التي تطرأ على كل من الخليتين الجنسيتين قبل اتحادهما .

ويكون الالقاح في بعض الحيوانات خارجياً فتجتمع النطف مع البيوض في ماء البحر مثلاً ، اما في الحيوانات الاخرى فيكون داخلياً يتم في الرحم او في الطرق الناقلة للاعراس الانثوية كما في الانسان .

وتبين التجارب والملاحظات الحديثة ان النطفة تندفع الى البيضة بفعل جـــذب كيمياوي ثم تلتصق بها بفضل تفاعل يحدث بين مادة خاصة تفرزها البيضة تسمى المخصبين وبين مادة اخرى تفرزها النطفة وتسمى ضد المخصبين ، ويشبه هذا التفاعل بكيفيته التفاعل الذي يحدث بين الاضداد ومكونات الضد التي تفرزها الجراثيم ، اذ ترتص نطف حيوان اذا وضعت في ماء كانت فيه بيضات حيوان من نفس النوع . ويفسر تفاعل المخصبين المذكور نوعية الالقاح الى حد كبير .

ويتشكل في بعض من انواع البيوض ، أثر القاحها ، غشاء خاص يفصل هيولى البيضة عن غلافها ، وهو ظاهرة من ظواهر الالقاح لذا يعرف بغشاء الالقاح .

ويرى الكثيرون في غشاء الالقاح المذكور مانعاً آلياً يفسر عدم تعدد النطف التي تدخل البيضة ، الا ان عدم تكونه في جميع البيوض ينفي مثل هذا التفسير وربما كان تغير الصفات الفيزيائية الكيميائية في هيولى البيضة الملقحة هو السبب في عدم قبول البيضة اكثر من نطفة واحدة .

وتبدو في البيضة اثر القاحها تبدلات تدل على نشاط طرأ عليها بسبب دخول النطفة وماتكون غشاء الالقاح الا احد مظاهر هذا النشاط .

البيوض :

تعتبر البيضة الملحقة خلية قادرة على بدء تخلق كائن جديد اذا توفرت لها

الشروط الحيوية الضرورية ، لذا فهي تشتمل على جميع المواد الغذائية اللازمة للنمو في مراحله الاولى.

تتغلف معظم البيوض بغلاف خاصة بها ، فيحيط بالبيضة غشاء مؤلف من الخلايا الجرابية يسمى السلى ، وقد يبقى مفرداً كما في بيضة الانسان وقد يتضاعف بغلاف اخرى قد تكون كلسية كما في بيوض الدجاج .

تعين الجنس :

لوحظ عند دراسة الصبغيات أن الخلايا الجسمية والخلايا التناسلية الاولية تحوي زوجاً من صبغيات غير متماثلة اطلق عليها اسم الصبغيات المتخالفة ، بينما اطلق اسم الصبغيات المتماثلة على بقية الازواج الصبغية وقد اسند علماء الحياة الى الصبغيات المتخالفة دوراً كبيراً في نقل بعض الصفات الارثية الخاصة وفي تعين الجنس نفسه ، ثم جاءت التجارب والملاحظات الحيوية مؤيدة لهذه الفرضية .

ويتألف زوج الصبغيات المتخالفة من صبغيين يختلفان عن بعضهما حجماً وشكلا وسمي الاكبر حجماً منها الصبغي (س) بينما سمي الآخر الصبغي (ع) ، وقد يغيب هذا الأخير في بعض الانواع الحيوانية . وقد وجد ان خلايا الاناث تتمتع بزوج من الصبغيات (س) وهكذا أصبح بالامكان أن نرمز للأناث بالصيغة (س . س) . أما خلايا الانسان باستثناء أعراسه فتحوي ثمانية وأربعين صبغياً زوج من الصبغيات المتخالفة وثلاثة وعشرون زوجاً من الصبغيات المماثلة . وفي أثناء الانقسام المنصف ونضج الخلايا التناسلية يفترق الصبغيان المتخالفان عن بعضهما كبقية الصبغيات . فالاعراس الناتجة اذن اما أن تحوي الصبغي (س) أو أن تحوي الصبغي (ع) وذلك بالاضافة لى ثلاثة وعشرين صبغياً متماثلا . فاذا استعملنا الحرف (م) للدلالة على هذه الصبغيات المماثلة أمكننا أن نمثل احتمالات الالقاح بين الاعراس المختلفة بالشكل التالي :

صيغة الابوين	الاعراس	صيغة الفرد الناتج وجنسه
صيغةالذكر(٢م+س ع)	(م+س)	(٢ م + س ع) ذكر
	(م+ع)	
صيغةالأنثى (٢م+س س)	(م+س)	(٢ م + س س) انثى
	(م+س)	

فالجنس اذن يتعين بنوع النطفة التي ستلقح البيضة ، ويفسر التساوى العددي لنوعي النطف المتشكلة التساوي التقريبي لعدد الذكور وعدد الاناث في أي نوع حيواني .

وتختلف الانواع الحيوانية من حيث الصبغيات المتخالفة ، ففي بعضها ينعدم وجود الصبغي (ع) فتنقص صيغة الفرد المذكر صبغياً واحداً عن صيغة الفرد المؤنث ، وفي بعضها الآخر تنعكس الآية فيكون وجود الصبغي ع صفة مميزة لخلايا الاناث .

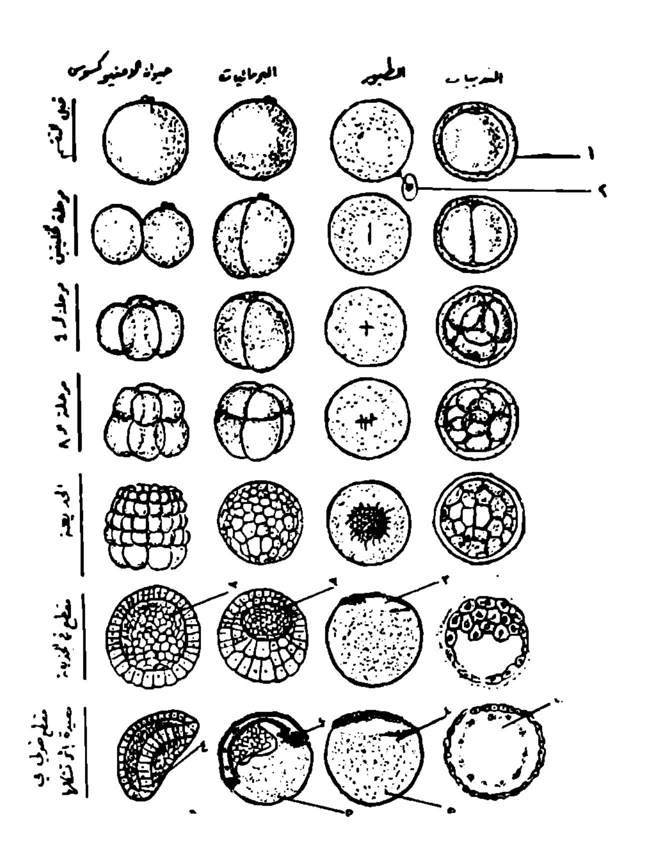
لقد سيطرت قبل اكتشاف الصبغيات المتخالفة نظريات عديدة حاولت أن تفسر تعيين الجنس بتأثيرات خارجية أو بامكانيات خاصة داخل هيولى الاعراس ، الا أنهـا لم تستطع جميعها تفسير بعض الظواهر الوراثية التي تتعلق بالجنس تفسيراً مقبولاً كنظرية الصبغيات المتخالفة . وعلى الرغم من ذلك فقد بقيت هناك بعض الامور الشاذة في تعيين الجنس اذ شوهد في بعض من ذباب الفواكه والنحل ازدواج جنسي فتبدي بعض أجزاء الجسم خصائص مذكرة بينما تبدي الاجزاء الاخرى خصائص مؤنثة ، كما شوهد في بعض الحيوانات الفقارية تبدل في الجنس ، فالحيوان الذي كان في بدء حياته انثى ينقلب ذكراً .

التخلق :

تعتبر البيضه نقطة الانطلاق في تكوين الكائن الجديد : اذ تطرأ عليها

انقسامات معتنفة متتالية تنشأ عنها خلايا كثيرة العدد ، ثم تتميز هـذه الخلايا الى نسج مختلفة تكون بمجموعها اعضاء الجنين وبصعب في الانسان تتبع مراحل التطور الجنني لأن الجنـين يتم نموه داخل الرحم ولا يولد الا تاماً ، ولذلك سنتعرض فيما يلي الى دراسة هذه المراحل في الضفدع ثم نبـــين بعض الامور التي تميز التطور في الطيور والثدييات .

التقسم : تبدأ البيضة أثر القاحهـا بالانقسام انقساماً معتنفاً يؤدي الى تكون



شكل (٧)

١ ــ الغشاء الشفيف ٢ ــ الكرية القطبية الثانية ٣ ــ الجوف الجذيعي
٤ ــ المعي الابتدائي ٥ ــ المح

خليتين ثم لاتلبث هاتان الخليتان ان تنقسما بدورهما وهكذا . وتؤدي عملية التقسم هذه توزع مادة البيضة الاساسية على عدد متزايد من الخلايا الصغيرة التي تسمى الخلايا الجذعية والتي تحوي نواها عدداً متساوياً من الصبغيات .

الجذيعة : تترتب الخلايا اثناء استمرار التقسم بشكل كرة مجوفة اطلق عليها اسم الجذيعة ، يظهر فيها جوف يسمى الجوف الجذيعي . وتختلف الخلايا التي تؤلف الجذيعة اختلافاً بيناً من حيث الحجم والوظيفة ، فخلايا القطب العلوي او القطب الحيواني الصغيرة عتمة قليلة المح بينما تكون خلايا القطب السفلي او القطب المغذي كبيرة باهتة غنية بالحبيبات المحية ، وتبدو بين القطبين منطقة هامشية خلاياها متوسطة الحجم .

المعيدة : تلي التقسيم حادثة معقدة وهي تكون المعيدة ، اذ تبدأ منطقة القطب المغذي والمنطقة الهامشية بالانخماص تدريجياً الى داخل الجوف الجذيعي بينما تأخذ خلايا القطب الحيواني بالنمو تماماً كما يحدث عندما يضغط بشدة ومن ناحية واحدة على كرة مجوفة من المطاط ، ويتكون نتيجة لذلك كؤيس مضاعف الجدران اطلق عليه اسم المعيدة ، ويصغر حجم الجوف الجذيعي الى حد كبير بسبب تكون الجوف الآخر الناشىء عن الانخفاض السابق ولذلك يسمى المعي الابتدائي كما تسمى فوهته الخارجية الفم الابتدائي .

وهكذا تصبح المعيدة بعد انتهاء تكونها مؤلفة من ثلاث طبقات خلوية .

١ ــ طبقة ظاهرة مؤلفة من خلايا القطب الحيواني وتسمى الوريقة الخارجية .

٢ ــ طبقة داخلية مؤلفة من خلايا القطب المغذي وتسمى الوريقة الداخلية .

٣ ــ طبقة متوسطة تنحدر عن خلايا المنطقة الهامشية التي تدخل بين الوريقتين فتؤلف مايسمى الوريقة الوسطى .

وتعتبر هذه الوريقات المضغية الثلاث اصل النسج والاحشاء كلها في الجنين

التام ، اذ تنشأ عن الوريقة الخارجية لحف الجلد والجهاز العصبي واعضاء الحواس ، بينما تنشأ عن الوريقة الداخلية اغشية الجهاز الهضمي وغدده . اما الوريقة المتوسطة فهي تعطي بتميزها نسج الاستناد والعضلات وصفاق البطن (الباريطون) وبعض الاجزاء الاخرى .

الجنين : يبتدىء بعد تكون المعيدة تمايز الجنين ، فتبدو على الوريقات المضغية الثلاثة تبدلات تتجلى برتوج خارجية او داخلية وبثخن في بعض المناطق وبانقسامات متتالية وبتغيرات اخرى مختلفة تؤدي جميعها الى تكوين الاعضاء والاجهزة .

يبدأ تخلق الجهاز العصبي من الناحية الظهرية للوريقة الخارجية بانثنائين يحصران فيما بينهما قطعة من هذه الوريقة لاتلبث ان تغوص الى الاسفل فيتقارب الانثناءان ويتصلان مشكلين انبوباً عصبياً نهايته الامامية واسعة يتشكل منها الدماغ فيما بعد . ويتوضع على جانبي الانبوب العصبي في الزاوية الكائنة بينه وبين الوريقة الخارجية صف ثخين من خلايا هذه الوريقة يكون القنازع العصبية التي تعطي الجذور الحسية للاعصاب الشوكية اما الجذور الحركية فتنشأ فيما بعد من الناحية البطنية للحبل الشوكي . ويتألف الدماغ الابتدائي من ثلاثة حويصلات تسمى المخ الامامي والمتوسط والخلفي ، ويعطي المخ الامامي نصفي كرتي الدماغ والدماغ المتوسط بينما يعطي المخ الخلفي المخيخ والبصلة السيسائية ، اما المخ المتوسط فيعطي عناصر الدماغ الاخرى .

ويتشكل في كل من الجانبين على طرفي المخ الامامي حويصل بصري مدور ثم يتكون في نقطة التماس بينه وبين الوريقة الخارجية حويصل آخر متكثف عدسي الشكل يعطي فيما بعد الجسم البلوري في العين . وينخمص السطح الخارجي للحويصل البصري فيصبح مقعراً تمهيداً لتكوين الشبكية . وتنمو الوريقة

الداخلية المعي الابتدائي متجهة من الفم الابتدائي الى الامام ثم تصبح مبطنـــة للجهاز الهضمي بكامله وتنشأ في الامام في منطقة البلعوم ستة رتوج خارجية (ثلاثة في كل جانب) تتلاقى مع عدد مماثل من رتوج داخلية تنشأ في ناحية العنق ، وتتصل هذه الرتوج لتكون الشقوق الغلصمية كما يظهر خلف البلعوم رتج وحيد مفرد يكون البرعم الكبدي الذي يعطي الكبد والمجاري الصفراوية . اما النهاية الرأسية والنـهاية الذنبية فتتشكل من رتجين داخليين من الوريقة الخارجيـة يسمى الاول الرتج الفمي ويسمى الثاني الرتج الذنبي او الشرج الابتدائي ، ثم ينفتح كل من الرتجين على المجرى الهضمي . وهكذا يكون الرتج الفمي فم الحيوان بينما يكون الرتج الذنبي مقذرته ، فالوريقة الخارجية اذن تبطن كلا من هذين العضوين ثم تتمادى مع الوريقة الداخلية التي تبطن الجهاز الهضمي .

ويبرز في منطقة البلعوم رتج بطني ينمو الى الخلف بشكل فصين يؤلفان منشأ الحنجرة والقصبات والرئتين ، الا ان هذه المرحلة من التطور لاتبدأ الا بعد ان يصبح جنين الضفدع رقة وتبدأ خلايا الوريقة المتوسطة بالنمو متجهة من الشفة الظهرية للفم الابتدائي نحو الامام بين الوريقة الظاهرة والوريقة الداخلية ثم يطرأ على الوريقة المتوسطة في الناحية الظهرية انثناء يؤدي الى تكون حبل خلوي متين سمي الحبـــل الظهري يتوضع بين الحبل العصبي والقناة الهضمية فيلعب دور محور استناد . ويشكل الحبل الظهري في اليرقة الفقرات وذلك بعد ان تنضم اليه مجموعات اخرى من خلايا الوريقة الوسطى وتكون هذه الفقرات غضروفية في بادىء الامر ثم تصبح عظيمة .

اما بقية الوريقــة الوسطى التي تقع الى جانبي الحبل الظهري فهي تتم نموهـا وسيرها بين الوريقتين الاخريتين ثم يتصل طرفاها على الخط المتوسط تحت القناة

المضمية وتتضاعف الى وريقتين تحدان بينها جوفاً يسمى الجوف العام او الجوف البطني . وتلتصق الوريقة الظاهرة منها بالوريقة الخارجية مكونة الصفاق الجداري بينما تلتصق الوريقة الباطنة بالوريقة الداخلية مكونة الصفاق الحشوي .

وتنقسم الوريقة المتوسطة في جانب الحبل الظهري الى قطع ، وتتميز في القسم الظاهري لكل قطعة طبقتان : ظاهرة وباطنة . فالطبقة الظاهرة منهـا تعطي ادمة الجلد بينما تعطي الباطنة العضلات الارادية . اما القسم المتبقي من القطعة فيبدأ بتكوين الجهاز البولي .

تطرأ على جنين الضفدع بعد ذلك تطورات اخرى لامجال لذكرها هنـا ؛ ثم يخرج هذا الجنين من غشائه الهلامي بشكل يرقة لاتلبث ان تتحول الى ضفدع بعد ان تتطور تطوراً شكلياً .

المشيمة والحبل السري :

يتشكل بين البيضة وبين جـدار الرحم بعد مرحلة التعشيش ، عضو جديد هام هو المشيمة وتتصل المشيمة مع الجنين بواسطة الحبل السري الذي يتألف من الاوعية الدموية وهي شريان ووريد ، ولكن الشريان هنا ينقل دماً وريدياً من الجنين الى الام بينما ينقل الوريد دماً شريانياً .

تقوم المشيمة بوظائف هامة نجملها فيما يلي :

١ ـ التغذية والتنفس : يحمل دم الام الى الجنين المواد الغذائيــة الضرورية والاوكسجين وذلك عن طريق المشيمة فالوريد السري . ثم تفرغ الفضلات وغازالكربون عن طريق الشريان السري الى دم الام .

٢ ـ الادخار : تلعب المشيمه دور الكبد في الجنـين فهي تدخر مولد السكر والدسم والحديد .

٣ – الوظيفة الغدية : تفرز المشيمة الهرمونات الجنسية المؤنثة بنوعيها الاستروجينات والبروجسترون كما تفرز هرموناً آخر يشبه بفعله الهرمون النخامي الملوثن .

النسج الحيوانية

مشاهدة نسيج حيواني بالمجهر اثناء الدرس

تقاسم العمل في كثيرة الخلايا · يقوم جسم المتمورة بكافة وظائف الحياة كما تقوم بها سائر الحيوانات الاخرى التي تتكون اجسامها من خلية واحدة . اما في كثيرة الخلايا فتتوزع الاعمال الفيزيولوجية بين الخلايا المختلفة التي يتكون منها الجسم فيقوم قسم منها بالحركة بينما يضمن لآخر نقل الحس ويختص ثالث بهضم الاغذية بينما يتفرغ

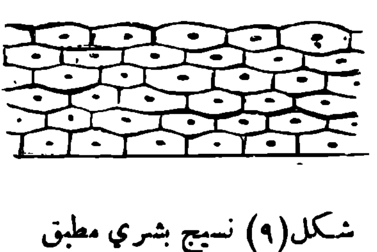
شكل (٨) انقسام المتمورة

الرابع لنقل محصولات الهضم والخ ... فتقوم بكل وظيفة من وظائف الحياة بمجموعة من الخلايا تبدل اشكالها بحسب العمل الذي تقوم به ويعتبر هذا الاختصاص رقياً فيزيولوجياً ظاهراً . ويطلق على مجموع الخلايا التي تقوم بوظيفة واحدة اسم النسيج .

تركيب النسج : يتشكل النسيج من مجموعة من الخلايا تقوم بعمل حيوي واحد تتخللها مادة ضامة تدعى المادة الخلالية . ويختلف شكل الخلايا النسيجية باختلاف انواعها ووظائفها فمنها ماهو مسطح ومنها الاسطواني او المكعب او

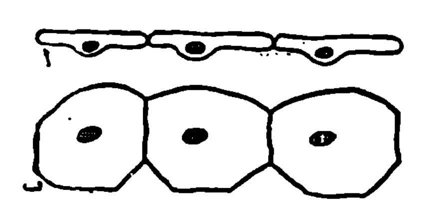
النجمي أو المغزلي المستدق كما في الخلايا المكونة للعضلات الملس الخ .. أما المادة الخلالية فهي مادة تفرزها الخلايا لتفترق بها كل خلية عن جارتها ، قوامها مختلف ، فهي مائعة في النسيج الدموي وصلبة في النسيج العظمي وغروية ليفية في النسيج الضام .

انواع الانسجة : الانسجة الحيوانية الأصلية سبعة : النسيج البشري أو المضرع (ابيتاليوم) ٢ — النسيج الضام ٣ - النسيج العصبي ٤ — النسيج العضلي ٥ — النسيج الدموي ٦ - النسيج العظمي ٧ — النسيج الغضروفي . ندرس منها في هذا الفصل النوعين الاولين . أما الانواع الباقية فيدرس كل منها بدوره مع الاعضاء التي يكونها .



شكل(٩) نسيج بشري مطبق

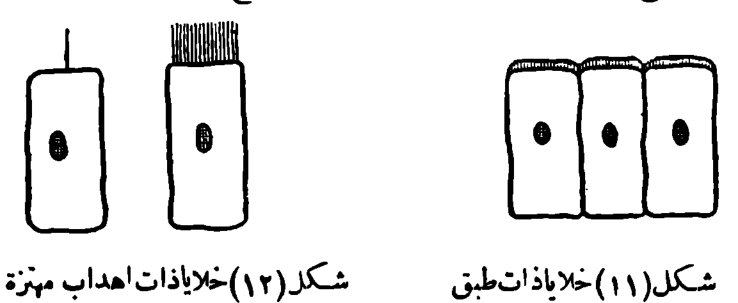
النسيج البشري او المضرع ينشأ كما مر من الوريقة الخارجية ويستر سطح الجلد كما يبطن الاجواف وهو مكون من خلايا متراصة مادتها الخلالية قليلة أو معدومة . ولهذا النسيج نوعان أساسيان : نسيج بشري بسيط يتشكل من طبقة واحدة من الخلايا المتراصة جنباً الى جنب ونسيج بشري مطبق مشكل من طبقات عديدة منضد بعضها فوق بعض . وينعت النسيج البشري برصفي اذا كانت خلاياه مسطحة (سماكتها صغير واحد) كما في الحويصلات الرئوية والشعريات والخ .. وباسطواني او موشوري اذا كانت خلاياه



شكل(١٠)نسيج بشري رصفي
آ- مقطع معترض بعظهر جبهي

اسطوانية أو تبرز منها أهداب دقيقة متحركة في بطانة الرغامي فيسمى بالنسيج البشري ذي الاهداب المهتزة .

وتعتبر للنسيج البشري بالنسبة الى الوظيفة ثلاثة أنواع أساسية :

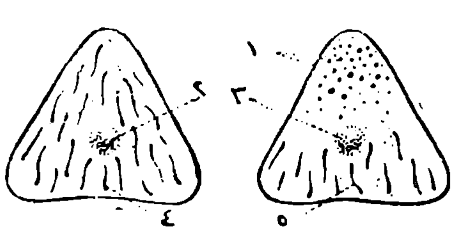


شكل (١١) خلايا ذات طبق   شكل (١٢) خلايا ذات اهداب مهتزة

١ ـ النسيج الساتر الذي يدخل في تركيب الجلد وبطانة الانبوب الهضمي وبطانة الاوعية والقلب .

٢ - النسيج الماص ويشتق من الساتر غير انه يتصف بصفة خاصة به وهي امتصاص المواد القابلة للتمثل كما في نسج الزغابات المعوية .

٣ ـ النسيج الغدي أو المفرز : شأنه كبير جداً لذا نفرد له بحثاً خاصاً . تدعى خلايا هذا النسيج الخلايا الغدية أو المفرزة وهي خلايا بشرية متبدلة لاتنقسم ولا تتكاثر تلقي بمحصولاتها بعد افرازها الى خارجها ويسمى ذلك بالابراز . فعدم الانقسام والافراز صفات أساسية تمتاز بها الخلية الغدية عن غيرها من الخلايا . أما هبولى هذه الخلايا فحبيبية متجانسة تشتمل على مصورات حية تظهر بالقرب منها حبيبات الافراز التي تجتمع لتكون قطرة كبيرة تشغل قطب الخلية

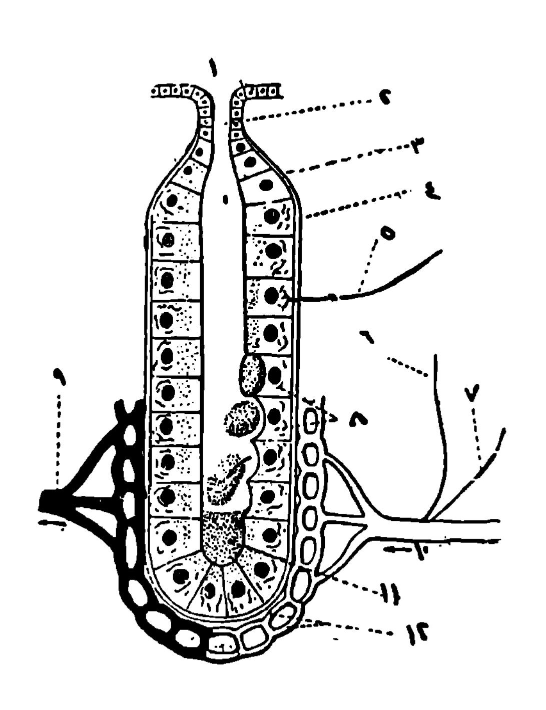


حالة العمل   حالة الراحة

خليتان مفرزتان

١ـ حبيبات افراز ٢و٣ـ نواة ٤و٥ـ مصورات حيوية

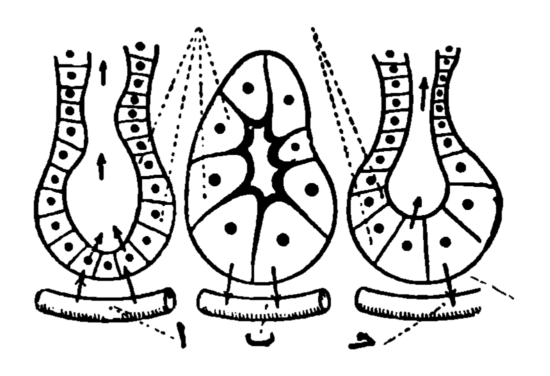
العلوي لاتلبث ان تطرد الى خارج الخليـة ومتى تم ذلك عادت الهيولى الى العمـل من جديد فركبت حبيبات افرازية جديدة وهلمجرا . فالتركيب اذن من اساس الافراز وتنتخب الخلايا المفرزة العناصر اللازمة لتركيب مفرزاتها من الدم الوارد اليها بالشريان الغدي وينظم هذا الافراز نوعان من الاعصاب : اعصاب مفرزة تؤثر في الخلايا المفرزة نفسها فتحضها على العمل . واعصاب محركة للأوعية توسع (موسعة) او تضيق (مضيقة) قطر الاوعية الغدية فتزيد في كميـة الدم الوارد الى الخلية المفرزة او تنقص منها بحسب استعداد الخلية للافراز او عدمه . قـد تبقى الخلية الغدية منعزلة فتكون غدة وحيدة الخليـة . والمألوف اجتماع الخلايا الغدية معاً لتكوين سطح بشري يدعى الغدة ، ينخمص مقرباً خلاياه من النسيج الضام الغزير الاوعية



١ – نسيج بشري
٢ – قناة مبرزة
٣ – نسيج ضام
٤ – غشاء
٥ – عصب مفرز
٦ – عصب قابض
٧ – عصب موسع
٨ – خلايا مفرزة
٩ – وريد
١٠ – شريان
١١ – حاصلات الافراز
١٢ – اوعية شعرية

غدة

وتدعو الى هـــذا الانخماص ضرورة حشر اكبر عدد من الخلايا الغدية في اصغر حجم ممكن . ويسيل السائل المفرز في قناة تدعى القناة المبرزة . وتسمى الغـــدد المفتوحة او الغدد ذات الافراز الخارجي وهي على نوعين : انبوبية بسيطـــة أو مركبة (كما في غدد ليبركون المدية وغدد العرق وغدد الامعـاء) ، وعنقودية تتألف من اجتماع عنبات تبطنها خلايا غدية (كما في غدد اللعاب والمعثكلة) وتربطها قناة مبرزة واحدة تنتهي اليها سائر قنيوات العنبات . وليعلم أن القنوات المبرزة هذه قد تنعدم فتدعى الغدة آنئذ بالغدة المغلقة أو الصماء او الغدة ذات الافراز الداخلي وتلقي بمحصول

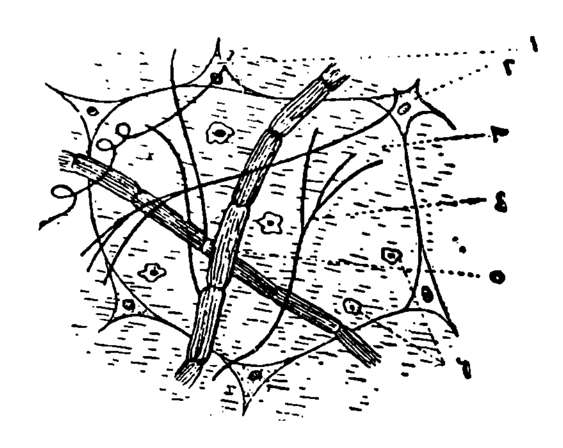


نماذج الغدد المختلفة آ ـــ غدة مفتوحة ب ـــ غدة مغلقة ج ـــ غدة مختلطة

افرازها الى الدم مباشرة ولهذه الفئة من الغدد (الغدد الدرقية والصعترية والكظرية والخ ..) شأن كبير في الحياة ندرسه بأسباب فيما بعد وقد يجتمع النموذجان معاً في غـدة واحدة كما في الكبد والمعثكلة (بانكرياس) فتسمى الغدة حينئذ بالغدة المختلطـة . وليعلم أن القسم الاكبر من العناصر الغدية في البدن يفرز مادة تدعى المخـاط وهو سائل لزج تفرزه خلايا غدية خاصة تدعى الخلايا الكأسية منتشرة في البطـانات الهضمية والتنفسية شـكلها كالكأس أو المدقة تنفتح في قطبها العلوي بثقب يسيل منه المخاط .

النسيج الضام : وظيفة هذا النسيج ربط الاعضـاء ببعضها أو ربطها بأعضاء

الجسم (جدران الجسم) ومضاعفة النسج البشرية الرقيقة المجردة من الاوعية لتغذيتها وتمتينها . كما أنه قد يفرق عناصر العضو الواحد أو يفرق بين الاعضاء المتجاورة . ويتألف من خلايا ضامة نجمية كثيرة الاضلاع تصل بينها استطالات هيوالية دقيقة ومن مادة خلالية يتميز فيها نوعان من الالياف .



النسيج الضام ١و٢ـ خلايا نجمية ٣ـ مادة خلالية ٤ـ الياف مرنة
٥ـ حزم ليفية ضامة ٦ـ كريات بيض

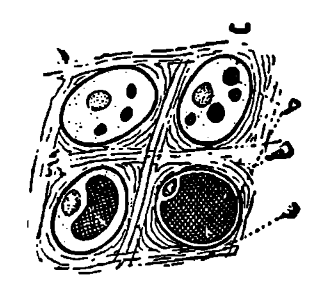
أ ـ الياف ضامة تجتمع حزماً متموجة كأنها خصل الشعر يضمها من مسافة الى اخرى خيط معترض ، تستحيل بالغليان الى هلام ويعنها العفص من التفسخ وهي عنصر أساسي من عناصر الجلد .

ب ـ الياف مرنة معزولة تتغصن أو تلتف على نفسها تقاوم تأثير الغليان ويتقاطع هذان النوعان من الالياف في كل جهة مكونين نسيجاً حقيقياً يحبس في عيونه كريات بيض هاجرت من الدم .

ويبدو النسيج الضام ، تارة بشكل أغشية تبطن البشرات أو تضاعف المضرعات كما في أدمة الجلد والاغشية المخاطية المبطنة للاجواف فتسمى مخاطية واخرى بشكل أغشية مضاعفة تحيط بالاحشاء كغشاء الجنب والتامور والباريطون والمساريقا التي تحيط بانبوبة الهضم وتعلقها فتسمى مصلية وتتألف المصلية من

وريقتين وريقة حشوية تحيط بالعضو ووريقة جدارية تنطبق على جدار الحوض الذي يشتمل على العضو .

وقد يكون النسيج الضام حزماً متفاوتة الثخن والمرونة كالاربطة وأوتار العضلات وما النسيج الشحمي الا نسيج ضام تكدست فيه الشحوم تدريجياً :



شكل (١٧) مراحل تراكم الشحم

فمن حبيبات شحمية مبعثرة الى قطرات من الشحم تجتمع فتملأ الخلايا دافعة بالنواة والهيولى نحو الغشاء. ولهذا النسيج شأن كبير فهو مخزن للشحم ورداء سيء النقل للحرارة يقي من البرد في بعض من الحيوانات (الخنازير والحيتان) كما أنه ينقص من الوزن النوعي في بعضها الآخر فيساعدها على العوم في الماء (كالحيوانات المائية) .

الاعضاء والأجهزة والوظائف : رأينا أن النسج تجتمع فتكون أعضاء لكل منها شكله الخاص وتتوزع الاعضاء توزيعاً معيناً متشابهاً في كافة الحيوانات ففي الرأس نجد المخ واللسان وأعصاب وعضلات والخ .. وفي الاطراف نجد عظاماً وعضلات وأعصاباً والجذع منقسم الى قسمين بحجاب عضلي هو الحجاب الحاجز فوقه الصدر وفيه القلب والرئتان وتحته البطن وفيه المعدة والكبد والمعاء والخ وتجتمع الاعضاء لتكون اجهزة تقوم بوظائف معينة مثلاً : تجتمع الرئتان والرغامى وفروعها فيتألف منها جهاز تنفسي يقوم بوظيفة التنفس ويجتمع القلب والاوعية في جهاز دوراني يضمن دوران الدم كما يؤلف المخ والمخيخ والبصلة مع النخاع الشوكي والعقد الودية جهازاً عصبياً يضمن نقل الحس والحركة .

وتنحصر الوظائف في الانسان في قسمين أساسيين : منها مايجعل الانسان بتماس مع الوسط الخارجي فتدعى وظائف الاتصال ومنها مايضمن بقاء الشخص ونموه فتدعى وظائف التغذية .

اعضاء التكاثر في النباتات الراقية

الازهار

تحمل نباتات عديدة ، في زمن تكاثرها ، أزهاراً تحل محلها فيما بعد ثمار تشتمل على البذور . فالزهرة تميز شعبة النباتات ظاهرة الالقاح . وهي عضو التكاثر في هذه النباتات الراقية .

وندرس مثالا عن الزهرة في النموذجين التاليين .

١ً - زهرة الحوذان

تتألف زهرة الحوذان من مجموعة من القطع الزهرية يحملها غصن يدعى معلاق الزهرة ، يرتكز على الساق في ابط وريقة صغيرة تدعى القنابة . وتنتفخ نهاية المعلاق ، فتشكل كرسي الزهرة الذي يحمل أقسام الزهرة بكاملها . واذا اقتلعت هذه الاقسام بلطف ، ترى أنها تنفصل بسهولة وهي من المحيط الى المركز :



(شكل١٨) زهرة الحوذان ومقطعها الطولي
١ـ اخبية ٢ ـ اسدية ٣ ـ تويجات ٤ كأسيات

١ ـ خمس قطع خضراء يشكل مجموعها الكأس ، الوريقات الكأسية .

٢ ـ خمس قطع صفراء ذهبية اللون تتناوب مع الوريقات الكأسية ،تدعى الوريقات التويجية ويشكل مجموعها التويج .

وعلى الوجه الداخلي لكل تويجية وفي قاعدتها نلاحظ طية تدعى الظفير ، يتراكم وراءها الرحيق الذي تفرزه غدد مجهرية كائنة في الظفير تدعى الغدد الرحيقية .

ويشكل مجموع الكأس والتويج الكم . او الغلاف الزهري .

٣ ـ الاسدية : وهي قطع صغيرة عديدة جداً ، ترتكز وفق خط حلزوني ، ويشكل مجموعها الاعضاء الذكرية .

وتتألف كل سداة من خيط في نهايته انتفاخ يدعى المئبر، وعندما تنضج الزهرة تتغطى المآبر بغبار أصفر ذهبي يدعى غبار الطلع .

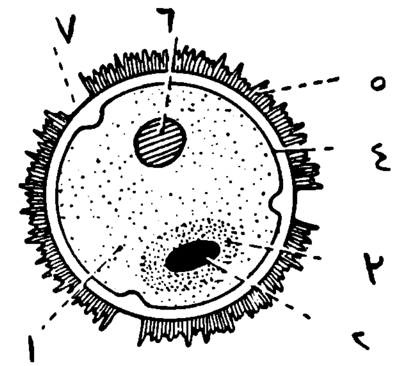
(شكل ١٩) اقسام زهرة الحوذان

١ تويجية ٢ - كأسية ٣ سداة ٤ - خيط ٥ مئبر ٦ - خبا ٧ - مبيض ٨ - سمة ٩ قلم ١٠ غبار الطلع ١١ - مدقة ١٢ - كرسي الزهرة

واذا نظرنا للمئبر بواسطة المكبرة نلاحظ فيه شقين ينتشر منها غبار الطلع . فبواسطة هذين الشقين ينفتح المسكنان الطلعيان اللذان يتألف منها المئبر الى الوسط الخارجي .

دراسة حبات الطلع بالمجهر : ضع في قطرة من الماء ، بين الصفيحة والساترة ، قليلاً من حبات طلع الحوذان ، ولاحظها بالمجهر ، فتبدو حبة الطلع كروية ،

ومحاطة بغلافين : غلاف خارجي ثخين ومتقشرن ، غير نفوذ ، يضاعفه من الداخل غشاء رقيق سللوزي يدعى الغلاف الداخلي .



(شكل ٢٠) رسم تخطيطي لحبة الطلع
١ - هيولى فيها مدخرات ٢ - نواة مولدة ٣ - هيولى ٤ - غلاف داخلي سللوزي ٥ - غلاف خارجي من القشيرين ٦ نواة مغذية ٧ - سم .

يكون محتوى حبة الطلع كثيفاً ، عاتماً ، ويصعب تمييزه ، فاذا سحقنا بواسطة الساترة حبات الطلع بعد وضعها في قطرة من ماء اليود نستطيع ان نرى هيولى ملونة بالاصفر قد خرجت من الحبات المسحوقة ، وفيها عدد كبير من حبيبات النشاء الملونة بالازرق . ولتشكل هذه الحبيبات مدخراً غذائياً وافراً .

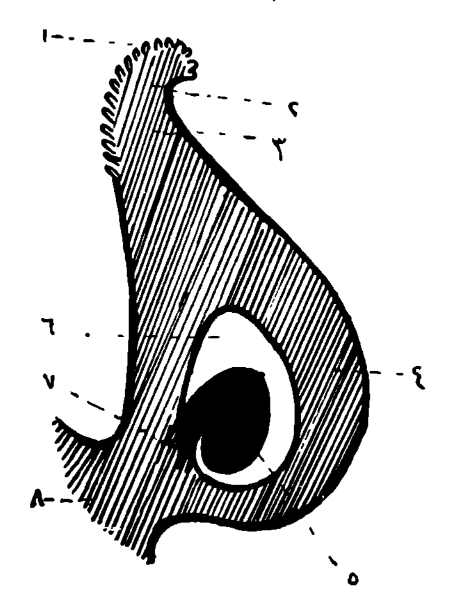
وفي حبة الطلع نواتان ، لصعب رؤيتها ، ولها اهمية كبيرة ، هما النواة الانباتيــة ، ونواة التكاثر ، وسندرس فيما بعد منشأهما ودورهما .

٤ دراسة الاخبية بالتجربة :

وهي قطع خضراء كثيرة العدد ترتكز فوق خط حلزوني ويشكل مجموعها المدقة .

واذا اقتلعنا خباء ووضعناه في قطرة ماء بين الصفيحة والساترة ودرسناه بالمجهر ، نراه يتألف من قسم منتفخ اجوف فيه بييضة واحدة يدعى المبيض ، يمتد منه نحو الاعلى قلم ضيق في نهايته سمة منحنية تغطيها حليمات لزجة .

ونلاحظ ان عدداً من حبات الطلع قد التصق على السمة .



(شكل ٢١)
١ - حليمات ٢ - سمة ٣ قلم ٤ مبيض ٥ - بييضة ٦ - مسكن ٧ - مشيمة ٨ - كرسي الزهرة

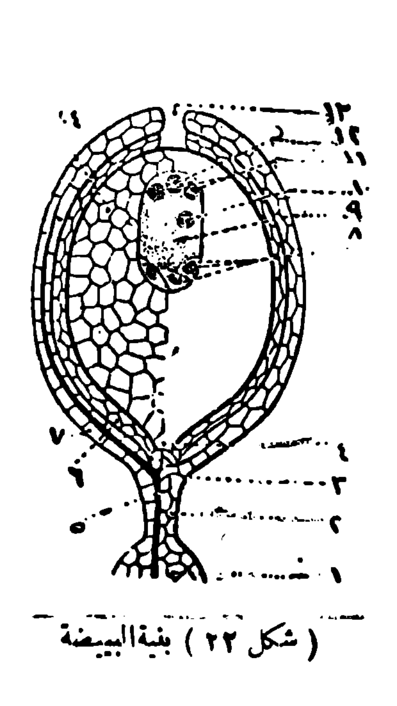
بنية البييضة : لنفحص البييضة من خلال جدار الخباء ، نجدها بشكل كتلة بيضوية مثبتة في جـدار الخباء بواسطة حبل قصير كائن على

جانب البييضة . ويبدي قطب البييضة المتجه نحو جدار الخبـاء ، انخفاضاً يصعب تمييزه يدعى الكوة .

وتتألف البييضة من نسيج خاص يدعى النوسيل ، وفي النوسيل تحت الكوة تماماً يوجد الكيس الرشيمي الذي سندرس منشأه ودوره فيما بعد .

وتحيط بالنوسيل لحافتان : لحافة خارجية تدعى اللحافة الاولى ، ولحافة داخلية تدعى اللحافة الثانية ، تبديان انقطاعاً في سوية الكوة . وتسمى المنطقة التي ترتكز عليها البييضة في جدار الخباء ، المشيمة ، وعنها تصدر الحزم الناقلة للنسغ الآتية الى البييضة ، وتتوزع في اللحافتين .

١ مشيمة
٢ – حبل
٣ – سرة
٤ برزة المفرق
٥ – حزمة خشبية لحائية
٦ – لحافة داخلية
٧ – لحافة خارجية
٨ ثلاث خلايا مقابلة للقطب
٩ كيس رشيمي
١٠ خلية ثانوية
١١ – خليتان مساعدتان
١٢ – عروس انثوي
١٣ – كوة
١٤ – نوسيل



(شكل ٢٢) بنية البييضة

وهناك ثلاثة نماذج من البييضات « البييضات المستقيمة » والبييضات المنحنية (كما في الفاصوليا) ، والبييضات المقلوبة (كما في الحوذان) ، وهذه الاخيرة هي الاكثر انتشاراً .

واخيراً فزهرة الحوذان زهرة منتظمة ، ذات تناظر محوري ، تتوضع جميع اقسامها حول محور تناظر يمر من مركز المدقة .

٢ً – زهرة البازلياء : نلاحظ في زهرة البازلياء :

١ – **الكأس** : ويتألف من ٥ وريقات كأسية خضراء ملتحمة في قاعدتها .



(شكل٢٣) زهرة البازلياء واقسامها

آ- المظهر الخارجي للزهرة.ب-تويجيات منفصلة. جـ - المدقة والاسدية. د - المدقة وحدها
١ -علم٢ -جناحان٣ تويجيات على شكل زورق ٤ - كأس٥ - سمه٦ - سداة٧ - قلم ٨ مبيض

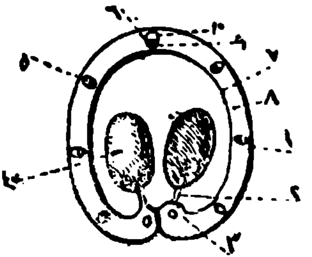
٢ – التويج . ويتألف من ٥ وريقات تويجية تختلف شكلها وابعادها تدعى اكبرها العلم وهي عريضة ومرتفعة ، يليها تويجيتان جانبيتان هما الجناحان . واخيرا ثنتان تنطبقان على بعضها وتشكلان مايسمى الزورق شكل ٢٣

٣ – عشر اسدية كائنة داخل الزورق ، تسع منها فقط تلتحم خيوطها حتى منتصفها فتشكل بذلك ميزابة لـكن فيها المدقة – واما السداة العاشرة فتبقى منفصلة .

٤ – المدقة : وتوجد ضمن ميزابة الاسدية ، وتتالف من خباء واحد قاعدته منتفخة ومتطاولة وتدعى المبيض ، يمتد منه قلم ينحني نحو الاعلى ،وينتهي بسمة عريضة تغطيها الاوبار. واذا قطعنا المبيض عرضانياً ، وفحصناه بالمكبر ، نجد عدداً من البييضات المصطفة باتجاه طولي .

وتركز البييضات، كل منها بواسطة حبل قصير ، على رزتين ثخينتين ومتوازيتين في جدار الخباء هما المشيمتان.

واخيراً اننا نلاحظ في مخطط زهرة البازلياء، ان القطع الزهرية تترتب على جانبي مستوى التناظر ، وهذا مايميز الازهار غير المنتظمة وتدعى ايضاً بالازهار ذات التناظر الجانبي .



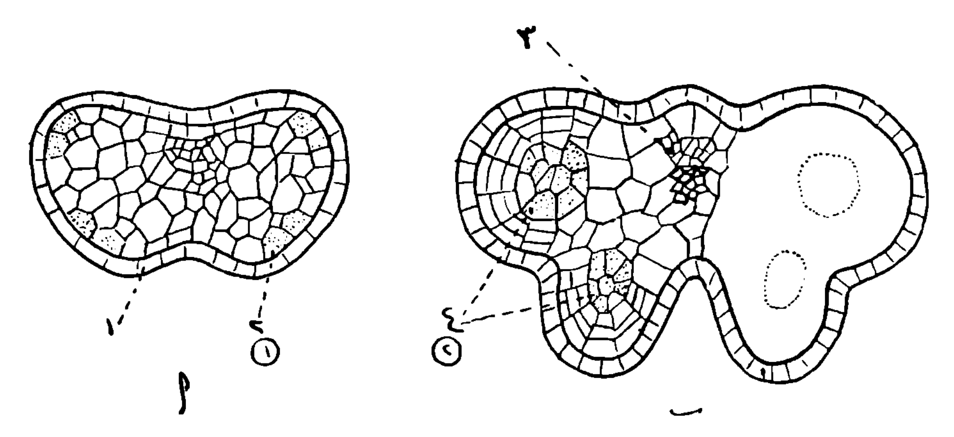
(شكل ٢٤) مقطع عرضي في مدقة البزلياء
١- خباء ٢- حبل ٣- مشيمة ٤- بيضة ٥- حزمة ناقلة ٦- زمة العصب الاصلي ٧- جدار الخباء الداخلي ٨ - نسيج خاص بخضوري ٩- خشب ١٠- لحاء

الخلايا الشقية في النباتات ظاهرة الالقاح مغلقة البذور

١ — من الاسدية حتي النطف النباتية :

أ — نمو الكيس الطلعي :

يتألف المئبر في السداة الفتية من الخلايا البارانشيمية المتشابهة ، تحيط بها بشرة ، وتحيط هي بدورها بحزمة لحائية خشبية مركزية . وبعد فترة قصيرة يلاحظ في زوايا المئبر الاربع خلية اوعدة خلايا تحت البشرة ، شكل ٢٨ لظهر بينها حجب تفصلها بسرعة . وبذلك تنشأ



(شكل ٢٨) مراحل نمو الكيس الطلعي

المرحلة (١) و (٢) ١ـ بشرة ٢ـ خلايا تحت البشرة ٣ـ حزمة خشبية لحائية ٤ـ كتلة خلوية : اصل الخلايا الام لحبات الطلع .

عنها اربع كتل خلوية ، هي بداءات اربعة اكياس طلعية وتتوضع الخلايا في كل من هذه البداءات ، حسب ثلاث طبقات متحدة المركز تحيط بكتلة من الخلايا ضخمة مركزية.

وتكون خلايا الطبقة المحيطية في بادىء الامر غنية بالنشاء ، الذي يتلاشى منها شيئاً فشيئاً ، ثم تثخن وتتخشب جدرانها الداخلية والجانبية. وبذلك تتكون الطبقة الآلية. شكل ٢٩

وتمتلىء خلايا الطبقتين التاليتين بالمدخرات الغذائية ، ثم لتفكك وتتخرب وتصبح سائلا مغذياً يفيد في تغذية الخلايا المركزية . ولذا تدعى الطبقات المغذية .

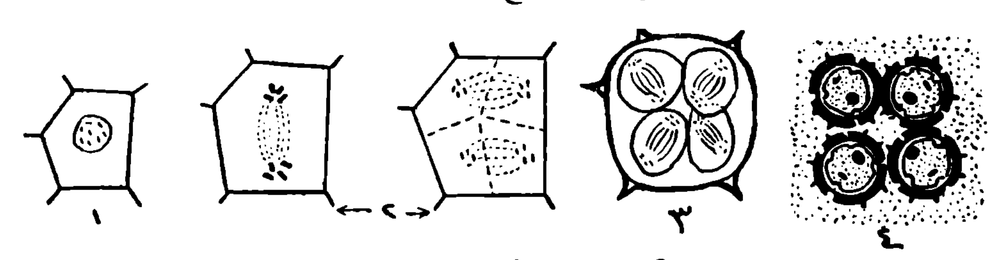
اما الخلايا المركزية فهي الخلايا الام لحبات الطلع . وتحتوي كل منها على نواة ذات (٢ن) عروة ملونة (او صبغية) .

ب — تشكل غبار الطلع : تخضع كل خلية من الخلايا الام بعدان يتم نموها لانقسامين

(شكل ٢٩) مراحل نمو الكيس الطلعي

المرحلة(٣)و(٤)و(٥) ١- بشرة ٢و٣ – طبقة آلية ٤ – طبقتان مغذيتان ٥ – الخلايا الام لحبات الطلع ٦ – كيس طلعي ٧ – مجموعات رباعية من حبات الطلع ٨ – حبات طلع ٩ – مسكن طلعي متفتح .

متواليين ، الاول منها انقسام اختزالي تنتج عنه اربع خلايا لكل منها نواة ذات (ن) عروة ملونة ، فتشكل مجموعة رباعية من حبات الطلع الفتية . شكل ٣٠



(شكل ٣٠) تشكل حبات الطلع

١ – خلية ام ذات (٢ ن) ٢ – انقسام الخليـــة الام – الاول اختزالي (ن) ٣ – انقسام النواة في حبات الطلع الفتية الى رباعية ٤ – حبات طلع ناضجة .

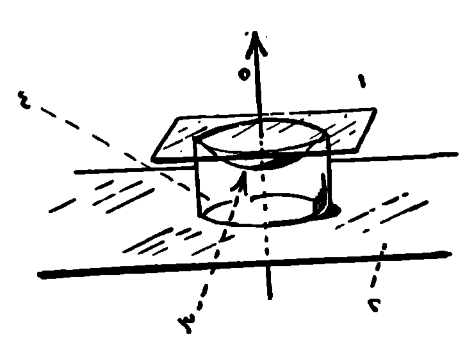
وتنفصل حبات الطلع في كل رباعية بنتيجة تهلم الصفائح المتوسطة لغلفها ، وتسبح في السائل المغذي فتخزن عندئذ المدخرات الغذائية ، ويتضاعف غلافها الى غلاف خارجي وغلاف داخلي . كما تنقسم نواتها الى نواتين تلعب النواة الكبيرة منها دوراً مغذياً ، وتدعى النواة الانباتية . وتكون النواة الثانية غالباً ، وهي الاصغر ، مسطحة قليلا ولها وظيفة في التكاثر فقط لذا تدعى النواةالتوالدية .

وبعد ان يزول السائل المغذي ، تشكل حبات الطلع الجافة ، غباراً يملأ الاكياس الطلعية الناضجة ، ويتحرر من المآبر بعد تفتحها .

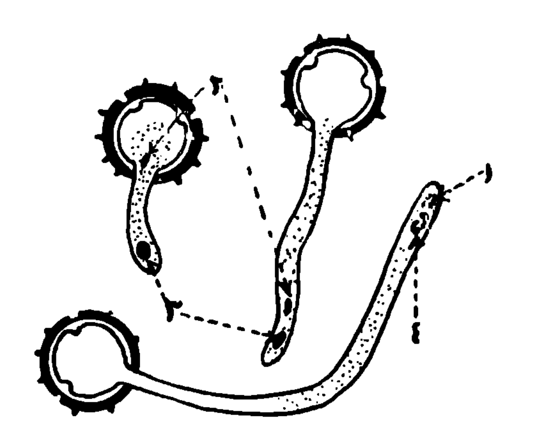
ج انتاش غبار الطلع :

تجوبة مخبرية : انفض سداة الزنبق المتفتحة فوق صفيحة من الزجاج وضع عليها قطرة من سائل مغذ ملائم (يحصل عليه بحل ٣ غرامات من الجلاتين و ١٠ غرامات من السكاروز في ١٠٠ سم٣ من الماء) . ولاحظ عندئذ في الغرفة الرطبة كما في الشكل ٣١ (وهي طريقة تمنع التبخر وبالتالي جفاف المحضر) على ان تكون درجة حرارتها حوالي ٢٠ درجة .

يمكننا ان نلاحظ خلال بضع ساعات الحوادث التالية :



(شكل ٣١) دراسة انتاش حبة الطلع في الغرفة الرطبة
١ ـ ساترة ٢ ـ صفيحة زجاجية ٣ ـ قطرة ماء
٤ ـ حلقة زجاجية ٥ ـ النور



(شكل ٣٢) انتاش حبة الطلع
١ و ٣ نواة انباتية ٢ ـ نواة مولدة
٤ نطفتان نباتيتان

تنتفخ حبات الطلع بامتصاص الماء ، ثم يظهر لكل منها انتفاخ هيولى شكل ٣٢ يبرز من احد مسام الغلاف الخارجي ، ويحيط به غشاء سللوزي رقيق ، ينمو هذا الانتفاخ ويشكل أنبوباً متعرجاً يبلغ طوله عدة سنتيمترات ، يدعى الانبوب الطلعي ، ومنذ البدء تندفع النواة الانباتية حتى نهاية الانبوب ، فتبدو كأنها توجه النمو ، ثم ترتشف وتزول عندما يتم نموه .

وأثناء ذلك تنقسم النواة التوالدية التي نفذت أيضاً في الانبوب الطلعي ، وتعطي بانقسامها نواتين في كل منها (ن) صبغيـــة ، تتطاول هاتان النواتان ، وتلتف كل منهما أحياناً بشكل حلزوني ، وتشكلان مع قليل من الهيولى المحيطة بها عروسين مذكرين، او نطفتين نباتيتين.

ملاحظة : اذا قيست المبادلات الغازية التنفسية لحبات الطلع المستخرجة من المساكن الطلعية الناضجة ، ولتلك الموضوعة في الشروط السابقة ، يلاحظ تزايد محسوس في الشدة التنفسية في زمن تشكل الانابيب الطلعية ، لان حبات الطلع تنتقل في هذا الوقت من الحياة البطيئة الى الحياة النشيطة : فيقال انها تنتش .

٢ — من الخباء الى البيضة الكروية

آ — نمو البييضة :

تبدو البييضة في اول الامر شكل ٣٣ كحلمة تبرز على مشيمة المبيض في الخباء . ثم



(شكل ٣٣) نمو البييضة

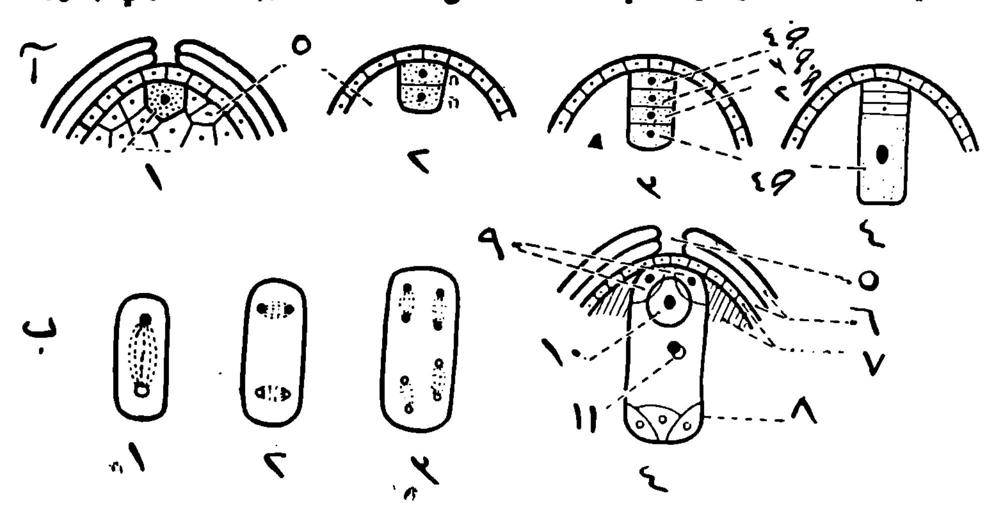
١ - بداءة النوسيل ٢ — لحافة داخلية ٣ — لحافة خارجية ٤ — كوة ٥ - لحافتان ٦ — الخلية الام للكيس الرشيمي ٧ - نوسيل

تتشكل بالتتابع ، حول هذه الحلمة التي تكون بداءة للنوسيل ، حويتان متحدتا المركز ، وتنمو هاتان الحويتان بسرعة اكثر من النوسيل ، وتحيطان بها تماماً ، عدا نقطة واحدة ستصبح الكوة ، وتشكلان لحافتي البييضة (الداخلية والخارجية) المنطبقتين على بشرة النوسيل .

ب ـ تشكل الكيس الرشيمي :

تتميز في النوسيل ، بالقرب من الكوة ، خلية تحت البشرة ، بهيولاها الغنية بالصبغيات ، وبنواتها الضخمة ذات (٢ن) صبغية : وهي الخلية الام للكيس الرشيمي شكل ٣٤ .

تخضع هذه الخلية لانقسامين معتنفين متواليين ، الاول منها اختزالي . وتتشكل بذلك اربع خلايا (خ١ ، خ٢ ، خ٣ ، خ٤) تتوضع فوق بعضها ، ولاتحتوي نواهـا سوى (ن) صبغية . وتكون هذه المجموعة الرباعية من الخلايا ، مشابهة لرباعية حبات الطلع الفتية . الا انه لاتنمو سوى خلية واحدة فقط من هذه الخلايا الاربعة ، وهي بصورة



(شكل ٣٤) آ تشكل الكيس الرشيمي

آ ـ ١ الخلية الام للكيس الرشيمي (٢ن) ٢ ـ الانقسام الاول المنصف (ن) ٣ ـ الانقسام الثاني العادي ٤ ـ كيس رشيمي في ٥ نوسيل .

ب نمو الكيس الرشيمي : ١ ـ انقسام اول ٢ ـ انقسام ثاني ٣ انقسام ثالث ٤ ـ كيس رشيمي ٥ ـ كوة ٦ ـ لحافتان ٧ ـ نوسيل ٨ ـ ٣ خلايا مقابلة للقطب ٩ ـ خليتان مساعدتان ١٠ ـ بيضة كروية ١١ ـ نواة ثانوية .

عامة الخلية (خ١) وتصبح كيساً مضغياً (رشيمياً) في حين ان الخلايا (خ٢ وخ٣ وخ٤) تضمحل وتتلاشى .

جـ ـ نمو الكيس الرشيمي :

تنقسم نواة الكيس الرشيمي الفتي ثلاث مرات متوالية ، وينتج عن هذا الانقسام (٨) نوى نصفية . ثم تظهر في هيولى الكيس الرشيمي حجب تحدد خلاياه ، ويتخذ عندئذ لمضيه النهائي . ففي قطبه الكائن في جهة الكوة ، تتوضع خلية ضخمة هي العروس الانثى ، او البيضة الكروية ، وعلى جانبيها خليتان تدعيان الخليتان المساعدتان . وفي القطب المقابل ، تتوضع بصورة مناظرة ثلاث خلايا مقابلة للقطب . وفي المركز تقترب النواتان الاخيرتان ، وتنصهران ، فتنتج عنها نواة واحدة ذات (٢ن) صبغية تدعى النواة الثانوية .

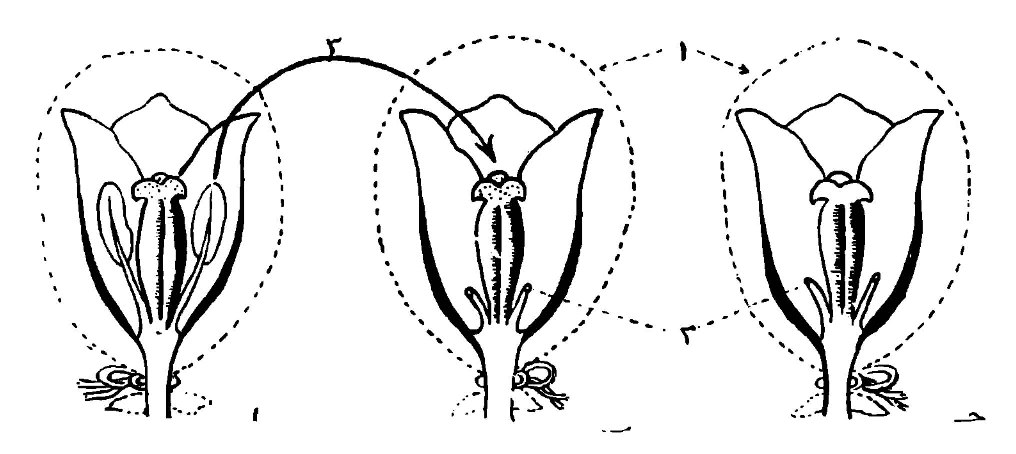
الالقاح في النباتات مغلقة البذور

لكي تتحول البييضة الى بيضة ثم الى بذرة ، ولكي تتحول المدقة الى ثمرة ، يجب ان يتحد العروسان المذكران المتكونان في حبة الطلع ، مع العروس الانثى والنواة الثانوية الموجودتين داخل الكيس الرشيمي ، في البيضة ، ويطلق على هذا الاتحاد ، اسم الالقاح ، وتميز فيه الادوار التالية :

اولاً ـ التأبير :

تجربة : شكل ٣٥ لنضع زراً من ازها التوايب (م) في كيس من الشاش الدقيق العيون ، ثم نترك الزهرة تنمو بصورة نظامية ، وتغطي بنفس الطريقة زهرتين (ب و ح) من التوليب بعد ان نقطع اسديتها ، التي لم تنضج بعد . وعندما تصل الزهرة ب لمرحلة النضج نرفع عنها كيس الشاش ، ونذر على سمتها قليلا من غبار طلع الزهرة (م).

فالزهرتان م و ب تثمران وتعطيان بذوراً بصورة طبيعية ، بينما لاتثمر الزهرة ح التي لم يصلها غبار الطلع ، ولاتعطي بذوراً .



شكل(٣٥)تجربة تبين ضرورة غبار الطلع لتشكل الثمرة والبزرة في التوليب
١ ـ كيس شاش ٢ ـ اسدية مقطوعة ٣ ـ نقل غبار الطلع آ الى مدقة الزهرة ب

فالتأبير هو انتقال غبار الطلع من المـآبر الى السمات ، وهو شرط ضروري الالقاح ، وللتأبير نموذجان : التأبير المباشر والتأبير المعتنف .

١ ـ **التأبير المباشر** : وينتقل فيه غبار الطلع من المئبر الى السمة في الزهرة نفسهـا ، ويتم هذا الانتقال :

ﺃ ـ بتحرك الهواء ، او بتحرك الزهرة حركة خفيفة ، كما في الحمص والفاصولياء حيث تلتصق المـآبر بالسمات تقريباً وكذلك في ازهار القمح

ب ـ بتحرك الاسدية نفسها حركة خاصة ، كما في نبـات البرباريس ، حيث تنطبق المآبر الستة فجأة على السمة وتنفتح عليها ناثرة فوقها غبار الطلع .

اما في نبات الشونيز فتتحرك السمات حتى تلامس المآبر .

جـ ـ وهناك نموذج تأبير خاص يشاهد في ازهار البنفسج حيث تنتش حبات الطلع حينما تكون في الاكياس الطلعية مرسلة انابيب طليعة لتصل للسمات مباشرة .

ومن البديهي ان التأبير المباشر لايحدث الا في الازهار الخنثى .

٢ ـ **التأبير المعتنف** : وينتقل فيه غبار الطلع من مئبر زهرة الى سمة زهرة اخرى، ويتم هذا النموذج في الحالات التالية :

م — في الازهار المنفصلة الجنس سواء كانت على شجرة واحدة كالجوز او على شجرتين مختلفتين (كالنخل والصفصاف) .

ب — في الازهار الخنثى ، متى تباين نضج الاسدية والمدقات . وفي الخريف حيث تنضج المدقة اولاً . والتأبير المتنف اكثر النوعين مصادفة في الطبيعة حتى في كثير من الازهار الخنثى .

اما انتقال غبار الطلع فيتم بعدد من الوسائط :

م — **الانتقال بالهواء :** ينقل الهواء غبار الطلع الى مسافات بعيدة احياناً، ويتلف منه اثناء هذا الانتقال قسم كبير ، بيد ان عدد الحبات الهائل يضمن وصول مايكفي منها لفعل الالقاح . ونذكر كمثال على ذلك ازهار الجوز والصفصاف والقمح ، وهي ازهار صغيرة ، لاتدركها الحشرات لتتلف طلعها ، انما يتضرر التأبير في هذا النوع من الازهار في الجو الماطر الذي ينظف الهواء من حبات الطلع فيمنع انتقالها .

ب — **الانتقال بالحشرات :** تقوم بهذا النقل حشرات كثيرة خاصة ، منها الحشرات المولدة للعسل التي تفتش عن الطلع والرحيق . وتنجذب هذه الحشرات بعبير الازهار والوانها الزاهية . وقد وجد ان الحشرات تزور الازهار المعطرة اكثر من الازهار المحرومة من العطر ، وانها تختار اللون الاحمر اكثر من البنفسجي والازرق ، ويلتصق غبار الطلع في جسم الحشرات على الاهداب واللوامس ، فمتى انتقلت الحشرات من زهرة الى اخرى نقلت معها قسماً من طلع الزهرة الاولى الى الزهرة الثانية حيث يلتصق على السمة اللزجة. وان بعض الازهار اذا حجبت عنه الحشرات لايثمر .

ولبعض الازهار حشرات خاصة تقوم بالتأبير فيها كالفانيليا مثلاً التي لها نحلة خاصة .

وتتنوع اشكال الازهار انواعاً تهدف دوماً الى تسهيل التأبير فالزهر الربيع نوعان من الازهار ، نوع اسديته عالية في عنق التويج ومدقته قصيرة ونوع اسديته قصيرة ومدقته طويلة بارزة ، فالنحلة الآتية من النوع الاول تلقح بسهولة مدقة النوع الثاني وبالعكس .

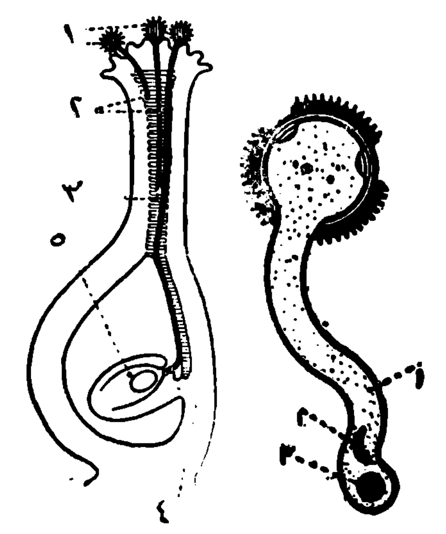
اما في فصيلة السحلبيات فللأزهار شكل خاص يساعد على التأبير ، فغبار الطلع فيها

لاتنتشر ، بل تبقى حباته ملتصقة ببعضها مكونة كتلة واحدة تدعى الكتلة الطلعية وفي كل زهرة كتلتان طلعيتان تتدليان معلقتين في مدخل الزهرة ، وفي اسفلها خيطان في نهاية كل منها كبة لزجة لستند الى سمة الزهرة . فاذا دخلت النحلة الى الزهرة صدم رأسها الكبتين اللزجتين فتلتصقان به ثم تطير النحلة . فتنحنيان وتصبحان امام رأس النحلة بدلا من أن تكونان قائمتين عليه . فاذا دخلت النحلة زهرة أخرى ، ادخلت أمامها كتلتي الطلع ولصقتهما بسمة الزهرة . وتقلد هذه العملة تجريبياً برأس قلم مبري .

جـ — **الانتقال بالماء** : تقوم أزهار بعض النباتات المائية على سطح الماء وتنثر طلعها عليه ، فيحمل التيار حبات الطلع الى الازهار الانثى ويلقحها .

ء — **الانتقال بواسطة الانسان** : (التأبير الاصطناعي) ويقوم به الانسان متى اراد اكثار الانتاج ، ويعرف العرب هذه الطريقة منذ أقدم الازمان فكانوا ومازالوا يأخذون ازهار النخيل المذكرة ويصعدون على النخيل الانثى وينفضونها على ازهارها فيحصل التأبير . ويستعملون اليوم هذه الطريقة فيحصلون على أنواع جديدة من النبات بتأبير أزهار نوع معين من النبات بغبار طلع نبات آخر .

ثانياً — انتاش حبة الطلع : تجد حبة الطلع التي وقعت على السمة ، الشروط الملائمة لانتاشها ، وهي شروط مماثلة لتلك التي طبقت في تجربة الانتاش الاصطناعي التي درسناها فيما سبق . شكل ٣٦ وشكل ٣٧ .



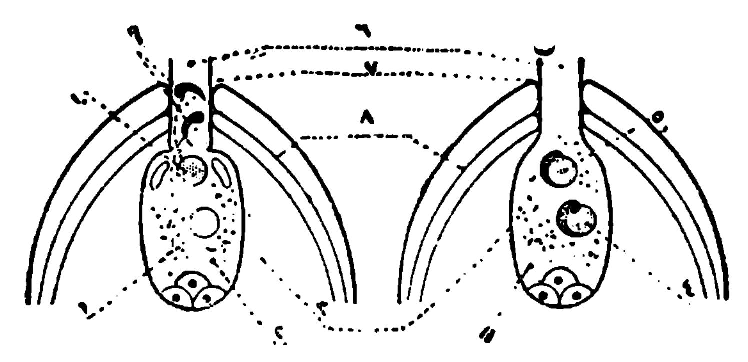
(شكل ٣٦)
انتاش غبار الطلع على سمة زهرة الربيع
١ـ انبوب طلعي
٢ـ نواة الالقاح
٣ـ نواة غذائية

(شكل ٣٧)
تلقيح البيضة
١ـ حبات الطلع
٢ـ انابيب طلعية
٣ـ نسيج مهضوم ٤ـ البيضة ٥ـ الكرة البيضية

ينمو الانبوب الطلعي ويضخم ، وينغرس تدريجياً في نسيج القلم الناقل . فيهضم مايصادفه في طريقه من خلايا النسيج ويتغذى بها حتى يصل الى كوة البيضة . فينفذ فيها .

ثالثاً — تكون البيضة : مـــق لامس

الانبوب الطلعي سطح النوية ، فانه يهضم خلايا السطح بفضل خمائره الخاصة ، وتنفجر نهايته وتمر النطفتان النباتيتان الى الكيس الرشيمي فيحصل عندئذ القاح مزدوج : شكل ٣٨ .



(شكل ٣٨) الالقاح المزدوج وتكون البيضة
١ - نواة ثانوية ٢ - كيس رشيمي ٣ - نوية ٤ - بيضة اضافية ٥ - بيضة ٦ - انبوب طلعي ٧ - كوة ٨ - لحافات ٩ - نطف نباتية ١٠ - بيضة قبل الالقاح

١ - تندمج احدى النطفتين النباتيتين (الحاوية على صبغية) . مع البيضة الكروية (ذات ن صبغية ايضاً) لتكون معها البيضة الاصلية (٢ ن صبغية) اي يصبح عدد الصبغيات فيها مساوياً لعدد الصبغيات الموجودة في خلايا النبات الاخرى .

٢ - وتندمج النطفة الثانية (ن صبغية) مع النواة الثانوية (٢ ن صبغية) لتكون معها البيضة الاضافية او بيضة السويداء (ذات ٣ ن صبغية) .

ثم تزول بعد ذلك الخليتان المساعدتان والخلايا المقابلة للقطب ، وهكذا لا يبقى في الكيس الرشيمي سوى بيضتان : اصلية تولد النبات ، وبيضة اضافية تولد السويداء .

ملاحظة : ان الالقاح المزدوج خاص بالنباتات ظاهرة الالقاح مغلفة البذور .

وانذكر ان البييضة قد تتحول احياناً الى بيضة بدون ان تندمج مع نطفة كما في فصيلة الورديات ويدعى ذلك التوالد البكري . وهو نادر . وتتلقح سائر البييضات في المبيض الواحد بآلية مشابهة لما ذكر لان عدد حبات الطلع التي تسقط على السمة كبير جداً يكفي لتلقيح سائر البييضات ويزيد .

تكون الثمرة والبذرة

تذبل الزهرة بعد الالقاح . وتجف جميع اجزائها من كأس وتويج واسدية ولسقط كما يسقط القلم والسمة ايضاً . ويبقى المبيض وحده حياً . فينمو ويضخم ويتحول الى ثمرة . بينما تتحول البيضة الملقحة فيه الى بذرة .

الا انه يوجد احياناً عدد من النباتات المزروعة ، يتم نمو الثمرة فيها بدون القاح وهذا مايفسر لنا وجود ثمار بدون بذور (كما في بعض انواع الاجاص والتفاح والبرتقال) وكما في الموز . ولسمى هذه الحادثة تكون الثمرة البكري .

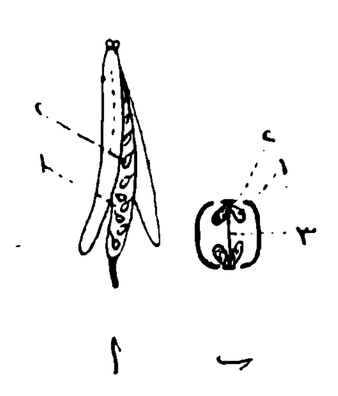
اولا ــ تحول المبيض الى ثمرة : يصبح جدار المبيض غلافاً ثمرياً يحدد جوفاً يشتمل على البذرة ، بينما تختفي بقية اقسام الخباء ؛ الا انه قد يبقى القلم والسمة احياناً ، بشكل زوائد لساعد في انتشار الثمار ، كما في ثمار الحوذان.

واذا كانت المدقات منفصلة الاخبية ، يشكل كل خباء ثمرة متميزة عن الاخرى ويدعى مجموعها الثمرة المركبة او منفصلة الاخبية كما في الحواذن.

وعندما تكون المدقة ملتحمة الاخبية ، ينتج عنها ثمرة واحدة ملتحمة الاخبية كما في التوابيب .

الا انه يمكن ان يتبدل الشكل الاصلي المدقة فتظهر فيها حواجز كاذبة تزيد في عدد مساكن المبيض : في الفصيلة الصليبية يتألف المبيض من خباءين ، ويكون في اول الامر وحيد المسكن ثم يظهر اثناء نضج الثمرة غشاء كاذب طولي عند بين المشيمات ، ويقسم المسكن الاصلي الى مسكنين شكل ٣٩ .

وبالعكس فقد ينقص عدد المساكن الاصلية كما في النخل ، فالمبيض الفتي يتألف في الاصل من



(شكل ٣٩) آ ـ ثمرة المنتور :
١ ـ مصراع ٢ ـ بذرة .
ب ـ مقطع الثمرة :
١ ـ بذرة ٢ ـ شق ٣ ـ حاجز مركزي

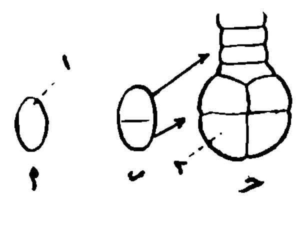
ثلاثة اخبية ، ثم تتلقح بيضة واحدة ولا ينضج سوى خباء واحد فقط يشكل الثمرة .

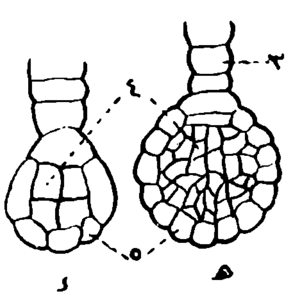
ويتألف غلاف الثمرة من ثلاثة اقسام :

١ - بشرة خارجية تشكل غلاف الثمرة الخارجي.

حبيبات يخضورية ، وتشكل غلاف الثمرة المتوسط .

٣ - بشرة داخلية تشكل غلاف الثمرة الباطن.





(شكل٤٢) نمو البيضة الاصلية وتحولها الى رشيم في نبات ذي فلقتين. آ، ب، ج، د، هـ ادوار النمو ١ - بيضة اصلية ٢ - رشيم ٣ - معلق ٤ - رشيم ٥ - بشرة .

ثانياً — تحول البيضة الى بذرة :

١-نمو البيضة الاصلية وتحولها الى رشيم : تنمو البيضه الاصلية داخل الكيس الرشيمي وتنقسم الى خليتين: خلية عليا قريبة من الكوة تكون المعلق، وخلية سفلى تكون الرشيم او النبت الصغير ويتم ذلك كما يلي :

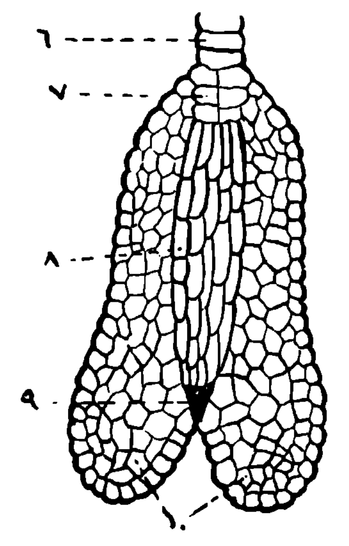
١ — تكون الخلية العليا بانقسامها خيطاً خلوياً يدعى المعلق، يعلق الرشيم ويدليه الى مركز الكيس حيث يتغذى .

٢-تنقسم الخلية السفلى بنشاط في سائر الاتجاهات فتكون كتلة خلوية بيضية ، تتميز على سطحها بمدقليل بشرة ، ثم تتكون فيها بعد ذلك تدريجياً اعضاء يتم بتكونها تكون الرشيم. ويشتمل على (شكل٤٣)

١َ — جذير يكون فيما بعد جذر النبات، وتقع نهايته الى جهة المعلق .

٢َ — برعم نهائي اوعجز ،وهو النقطة الاعاشية الكائنة مقابل الجذير .

٣َ سويقة كائنة بين القسمين السابقين، وتحمل

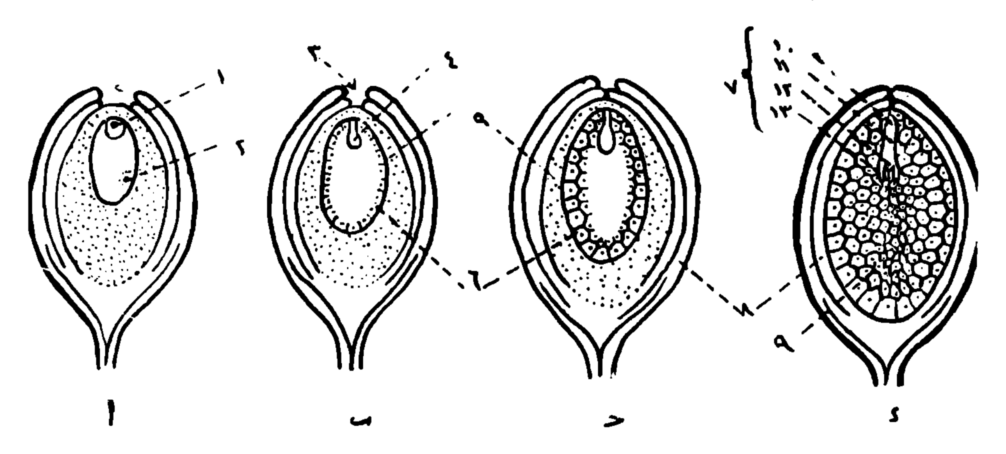


(شكل٤٣) رشيم نبات ذي فلقتين
٦ - معلق ٧ - جذير ٨ - سويق
٩ - عجز ١٠ - فلقتان.

جانبياً وريقة او وريقتين هي الفلقة اوهماالفلقتان .

فهما اثنتان في ذوات الفلقتين (كالفاصوليا والمنثور) . وواحدة في ذوات الفلقة (كما في الزنبق والقمح) .

ب ـ نمو البيضة الاضافية وتحولها الى سويداء : تستقر البيضة الاضافية على جدار الكيس الرشيمي ، ثم تنقسم نواتها الى عدد كبير من النوى ، يحيط بكل منها قسم من الهيولى ، وتصطف النوى على جدار الكيس الباطن ، ثم تظهر بينها حجب سللوزية تفصلها عن بعضها فيتكون بذلك صف من الخلايا السطحية ، يعتبر الطبقة الاولى من نسيج السويداء ثم يستمر الانقسام في سائر الاتجاهات . فيمتلىء الكيس بنسيج خاص خلاياه مفعمة بالمدخرات يطلق عليه اسم السويداء .



(شكل ٤٤) نمو السويداء وتحول البيضة الى بذرة

ا ، ب ، ح ، د مراحل النمو ١ ـ بيضة اصلية ٢ ـ بيضة اضافية ٣ ـ كوة ٤ ـ رشيم ٥ ـ نوسيل ٦ ـ اول طبقة من السويداء ٧ ـ رشيم ٨ ـ لحافات ٩ ـ سويداء ١٠ ـ جذير ١١ ـ سويق ١٢ ـ عجز ١٣ ـ فلقة

ح ـ مصير لحافات البييضة ، والنوسيل والسويداء :

تزول النوية لأن البيضة الاصلية والبيضة الاضافية تهضمانها اثناء نموهما . اما الحافات البييضة فتتحول الى لحافات تحيط بالبذرة .

وعندما تهضم النوية بكاملها ، لايبقى في البذرة سوى السويداء محيطة بالرشيم ،

وتكون فيه الفلقتان ضامرتين ، وتدعى هـــذه البذور ، البذور ذات السويداء ، (كبذور الخروع) .

واذا هضم الرشيم السويداء ، لضخم فيه الفلقتان الممتلئتان بالمدخرات الغذائية ، ولا يبقى في البـذرة سوى اللحافات تحيط بالرشيم . وتدعى هذه البذور ، البذور عديمـــة السويداء (كبذور الفاصوليا) .

وتفقد البذور اثناء تكوينها كمية كبيرة من الماء ، بينما تكون قد ادخرت كميات وافرة من المواد المغذية ، ولذلك فهي تدخل في مرحلة جديدة يتباطأ فيها نشاطها الحيوي ، وتبقى البذور على هذه الحالة فترة قصيرة او طويلة حسب الانواع ، يمكنها بعد ذلك اذا توفرت لها بعض الشروط المناسبة ان تنتش وتعطي نباتاً مورقاً جديداً .

النسج النباتية

تجتمع الخلايا النباتية حين يكون لها نفس الوظيفة والتعضي فتؤلف نسجاً كما هو الحال في الحيوان .

النماذج الهامة للنسج النباتية

١ً ـ ايضاحها : دراسة النسج المكونة لورقة نبات الكراث (براصة) بالعين المجردة .

لنأخذ ورقة نبات الكراث ونطويها نحو وجهها الداخلي ، فتنكسر ، ويظهر غشاء ممزق عديم اللون ، يحيط بوجه الورقة الداخلي ، ويمكننا ان نرفع بملقط دقيق الغشاء الخارجي المماثل للغشاء الاول في الورقة ذاتها ، فنستطيع ان نلاحظ بالعين المجردة مايلي :

١ ـ كتلة خضراء هي النسيج الخاص (بارانشيم) تتكون منها معظم مادة الورقـة . ونعتبر هذا النسيج نسيجاً اساسياً للورقة لكونه يحتل مكاناً هاماً في سائر الاعضاء النباتية (من اوراق ، وسوق خضراء وجذور فتية) ولأنه يقوم بوظائف هامة سندرسها فيما بعد. ويحتوي هذا النسيج الخاص على يخضور (ولذا سمي بالنسيج الخاص اليخضوري) .

٢ - نشاهد في داخل النسيج الخاص هذا خطوطاً نيرة متوازية تعرف باسم العصيبات وتتركب العصيبات هذه من انموذج آخر من النسج النباتية (تعرف بالنسج الناقلة) وسميت كذلك لانها تنقل النسغ المؤلف من السوائل المغذية الى جميع اعضاء النبات الاخضر .

٣ - نشاهد غشاء رقيقاً عديم اللون يحيط بالنسيج الخاص ، فهو النموذج الثالث من النسج النباتيـة الهامة (ويعرف باسم النسيج الواقي) ويدعى النسيج الواقي في هذه الحالة بالبشرة .

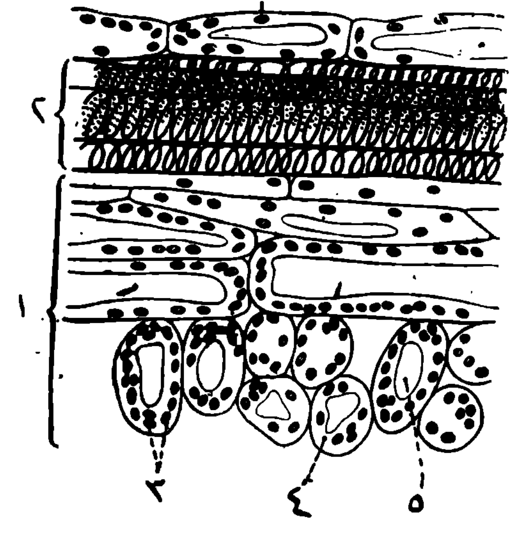
(شكل ٤٥) النماذج الثلاثة لانسجة ورقة الكرات
١- نسيج واق (بشرة) ٢- بارانشيم يخضوري
٣- نسج ناقلة (خشب)

٢ - الدراسة المجهرية لنماذج النسج الثلاث:

١ النسج الخاصة :

١ - النسيج الخاص اليخضوري : دراسة مجهرية .

لنأخذ بنهاية المشرط قطعـة عصبية يحيط بهـا قليل من النسيج الخاص اليخضوري ، ونضعها في نقطة ماء بين صفيحة زجاجية وساترة ، ولنضغطها قليلا ونفحصهـا تحت المجهر .



(شكل ٤١)
نسيج يخضوري واوعية خشبية في الكرات
١- بارانشيم يخضوري ٢- اوعية خشبية ٣- جسيمات صانعة لليخضور ٤- هيولى ٥- فجوة

فنرى بأن النسيج الخاص اليخضوري يتألف من خلايا متعددة السطوح ومتطاولة تكون بتماس مع بعضها البعض وتكون الخلايا فيها ذات فجوات كبيرة ، وتحوي على عدد كبير من الجسيمات الصانعة ، ويحيط بها غلاف سللوزي .

وتظهر الخلايا احياناً بتأثير تهلم الصفيحة الوسطى منفصلة عن بعضها من ذرواتها ، وقد غدت مستديرة تحددها تجاويف تسمى الاصمخة . وقد تنفصل عن

بعضها تاركة بينها تجاويف كبيرة تدعى بالفراغات تضمن لها المبادلة الغازية.

يكثر النسيج الخاص اليخضوري في الاعضاء الهوائية للنبات : كالاوراق والسوق الفتية حيث تكتسب اللون الاخضر :

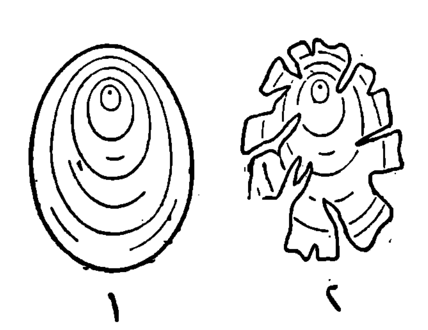
(شكل ٤٧)
اصمخة وفراغات في البارانشيم اليخضوري
١ — فراغات ٢ - اصمخة

٢ ـ النسيج الادخاري : دراسة عملية مجهرية

يكون النسيج الخاص خالياً من اليخضور كما في الاعضاء المنطمرة كالجذور (الجزر والفجل والشمندر) وفي السوق الترابية (كدرنات البطاطا) وكذلك في الثمار الناضجة والبذور ، غير ان خلاياه تحوي مواد مدخرة غزيرة ، كالسكاكر ، وحبات النشاء والزيوت .

وهكذا نرى بالفحص المجهري لمقطع رقيق اجريناه بالموسى في درنة البطاطا ، خلايا كثيرة السطوح ، عديمة الاصمخة ، محشوة بحبيبات النشاء .

تعتبر هذه الاخيرة مواد مدخرة لان البطاطا تذبل وتذوي بزوال مدخراتها حين الانتاش : فنشاهد والحالة هذه بفحص نسيجها الخاص بالمجهر ، حبات النشاء متآكلة ، وفي طريق الزوال . ذلك لوجود خميرة تدعى خميرة النشاء ، تقوم باماهة النشاء ، فتحوله الى غلوكوز ويهاجر هذا من الدرنة نحو الاقسام الفتية التي تكون بحالة النمو ، ثم تزول الدرنة بعدئذ .



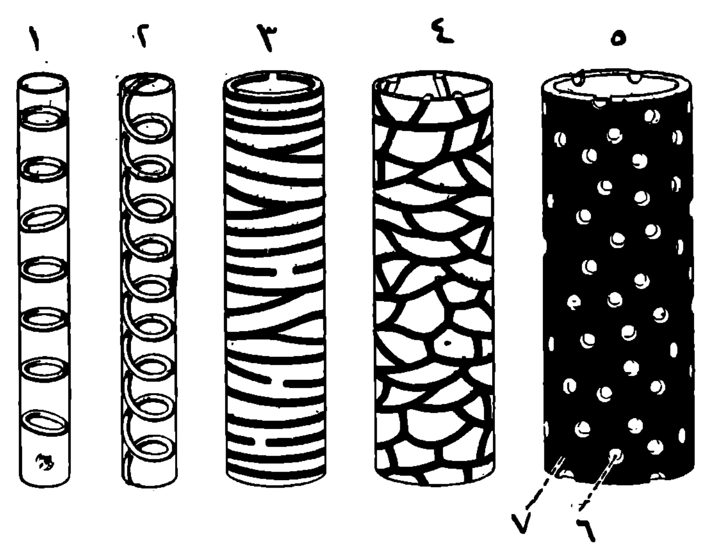
(شكل ٤٨)
١ — حبة نشاء كاملة (لم تهضم بعد)
٢ — حبة نشاء (اثناء الهضم)

ب — النسج الناقلة :

نميز نوعين من النسج الناقلة هما : الخشب (الخشب والنسيج المتخشب) واللحاء او (النسيج اللحائي) .

١ – الخشب

نلاحظ في عصيبات ورقة الكرات (البراصة) ، انابيب لصطف متوازية ، وعلى جدرانها تزيينات ذات شكل حلقي او حلزوني ، وهذه الانابيب هي الاوعية الخشبية التي يعتبر وجودها صفة مميزة للنسيج الخشبي . وتكون جدران الاوعية بادىء الامر سللوزية بكاملها ، وتكسبها توضعات الخشبين الداخلية متانة وصلابة فتجعلها مفتوحة دوماً .
الخشبين : هي مادة معقدة لم تعرف طبيعتها الكيمياوية بعد ، وهي قاسية صلبة ،



(شكل ٤٩) الانواع المختلفة للاوعية الخشبية

١– وعاء حلقي ٢– وعاء حلزوني ٣– وعاء مخطط ٤– وعاء شبكي ٥ – وعاء منقط ٦– نقطة ٧– خشب

وتتصف بتثبيت بعض المواد الملونة (كأخضر اليود) ويعتبر الخشبين المادة الاساسية في تركيب الخشب .

ويمكن ان تكون التوضعات الخشبية :

١ — على شكل حلقات متباعدة قليلا او كثيراً ، فتدعى الاوعية حينئـذ بالاوعية الحلقية .

٢ — على شكل حلزون قليل او كثير التراص ، فتدعى الاوعية حينئذ بالاوعيـة الحلزونية ، ونعثر على هذين النموذجين من الاوعية في نبات الكراث .

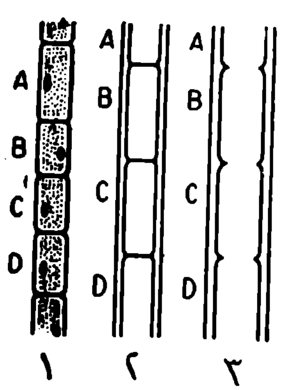
٣ — على شكل خطوط عرضانية قليلة او كثيرة الانتظام ، قد تقاربت كثيراً من بعضها ، فتدعى الاوعية حينئذ بالاوعية المخططة .

وحين تكون الخطوط متعددة وغير منتظمة — اي على شكل شبكة تدعى الاوعيـة حينئذ بالاوعية الشبكية .

٤ — واخيراً قد تتخشب الجدران بتمامها ماعدا بعض النقاط فتبقى سللوزية ، وتدعى الاوعية حينئذ بالاوعية المنقطة .

وتسمح الاقسام السللوزية للاوعية بنفوذ المواد ، كما وتسام في التبادلات مع النسج المجاورة .

وتنشأ الاوعية الخشبية من خلايا طويلة الصلت بعضها رأساً بعقب ، ثم زالت محتوياتها بعد ان اصطنعت مادة الخشبين ورصعت بها غلفها ولا نشاهد داخل هذه الاوعية هيولى ولا نواة ، بل تتألف من مجموعة خلايا فارغة — لذا فهي تعتبر من العناصر الميتة .



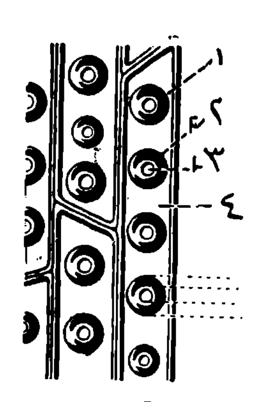
(شكل ٥٠)
لشكل وعاء خشبي
١ - سلسلة من الخلايا الحية
٢- وعاء غير كامل
٣ وعاء كامل

نجد في بعض الاوعية الحلقية والحلزونية ، وفي بعض الاوعية المخططة احياناً حواجز سللوزية معترضة ، فندعو لذلك هذه الاوعية بالاوعية الناقصة او المغلقة . وتكون الاوعية الشبكية والمنطقة كاملة او مفتوحة . وذلك لان لمنها لاتحتوي على حواجز معترضة .

والاوعية الخشبية هي العناصر الناقلة للنسغ الناقص التي تعتبر الصفة المميزة للنسيج الخشبي .

وترافق هذه الخلايا الميتة ، خـــلايا بارانشيمية حية (تدعى البارانشيم الخشبي) كما ترافقها احياناً الياف خشبية (وهي خلايا متطاولة لا حياة فيها وجدرانهـا متخشبة بتمامها) .

ملاحظة : نجد في النباتات باديات الالقاح عريانة البذور (كالصنوبر مثلا) اوعية ناقصة ، تبدو على جدرانهـا نقاط هالية — بدلا من الاوعية الخشبية المخططة والشبكية ، والمنقطة — ويميز الشكل هيئة الاوعية الناقصة مع بنية النقـاط الهالية .



(شكل ٥١)
اوعية هالية في الصنوبر
١ - نقطة هالية
٢ منطقة عاتمة
٣ - منطقة نيرة
٤ - خشبين

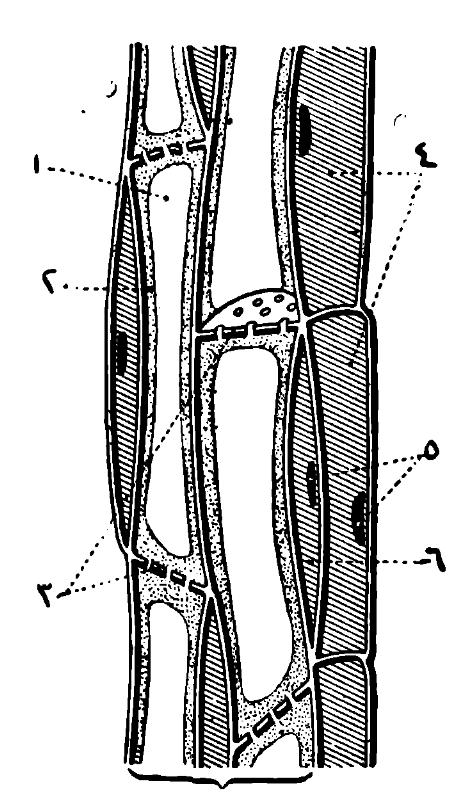
اللحاء

يتشكل اللحاء خاصة من انابيب غربالية ، تعتبر عناصر النقل وتتكون هذه الانابيب من خلايا حية متطاولة ، ذات جدران سللوزية ، قد التصلت مع بعضها . وتحوي حواجزها المعترضة ثقوباً عديدة لتشكل حجباً غربالية تفصل بين الخلية والاخرى (مما دعا لتسميتها بالانابيب الغربالية) .

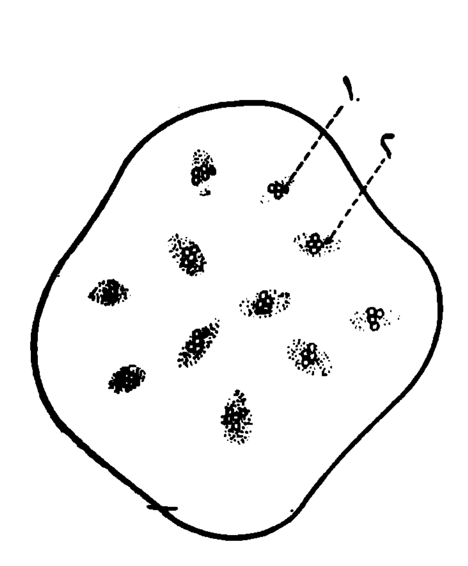
تتألف الانابيب الغربالية من خلايا حية مجردة من النوى ، ذات هيولى محيطية ، ويشغل مركز كل منها فجوة كبيرة يملؤها النسغ الـكامل ، وهو سائل كثيف مغذ ويجري ببطء من خلال الحجب الغربالية .

ويكون قطر هذه الانابيب الغربالية بصورة عامة صغيراً جداً ، ولذا تحتاج ملاحظتهـا الى دقة وتأن زائدين . بينما تكون الاوعية الناقلة هذه في بعض انواع النباتات (كالقرع والبطيخ) كبيرة جداً ، لسهل رؤيتها بوضوح تام . ويبين الشكل التالي مقطعاً عرضياً في ساق القرع ، وقد ظهرت فيه الانابيب الغربالية بعد فحصه بالمجهر .

ويتألف النسيج اللحائي (او اللحاء) من اجتماع انابيب غرباليـة (وهي عناصر ناقلة للنسغ الـكامل) وخلايا بارانشيمية (بارانشيم لحائي) والياف لحائية ذات جدران ثخينـة . قليلة التخشب .



(شكل ٥٢) انابيب غربالية في اللحاء
١- فجوة ٢- هيولى ٣- غربالان ٤- خلايا البارانشيم اللحائي ٥- نواتان ٦- خلية مرافقة



(شكل ٥٣) مقطع عرضي في ساق القرع
١ - خشب ٢ لحاء

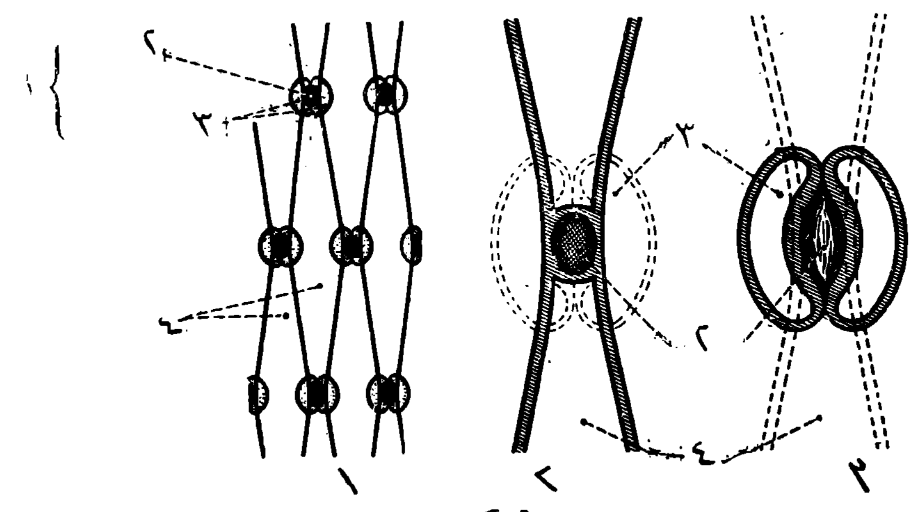
جـ ــ النسج الواقية : دراسة عملية مجهرية :

١ ــ البشرة : نشاهد في قطعة من بشرة ورق الكراث الرقيقة مايلي :

١ ــ طبقة من الخلايا المتطاولة ، العديمة اللون (لعدم احتوائها على الجسيمات الصانعة لليخضور) مرصوفة الى جانب بعضها البعض ، وتسمى الخلايا البشرية .

٢ ــ ونرى في زوايا بعض الخلايا البشرية بقعاً عاتمة (هي فقاعات من الهواء) تصدر عن ثقوب كائنــــة في البشرة : تدعى فوهات المسام . وتحاط كل فوهة بخليتين على شكل الكلية ، تقع في مستو اكثر انخفاضاً من مستوى البشرة . ونشاهد في هذه الخلايا المسمية

جسيمات صانعة لليخضور ، كما نلاحظ ثخن جدرانها السللوزيه المحيطة بفوهة السم .



(شكل ٥٤)

١ - بشرة الكراث مرئية بالجرمية الضعيفة ٢ سم كما يظهر في الخلايا البشرية بعد عملية الاحكام
٣ - ذات السم في الخلايا السمية بعد عملية الاحكام .
١ - سم ٢ - فوهة السم ٣ خليتان سميتان ٤ - خلايا بشرية

وندعو مجموع الخليتين مع الفوهة الكائنة بينهما بالسم .

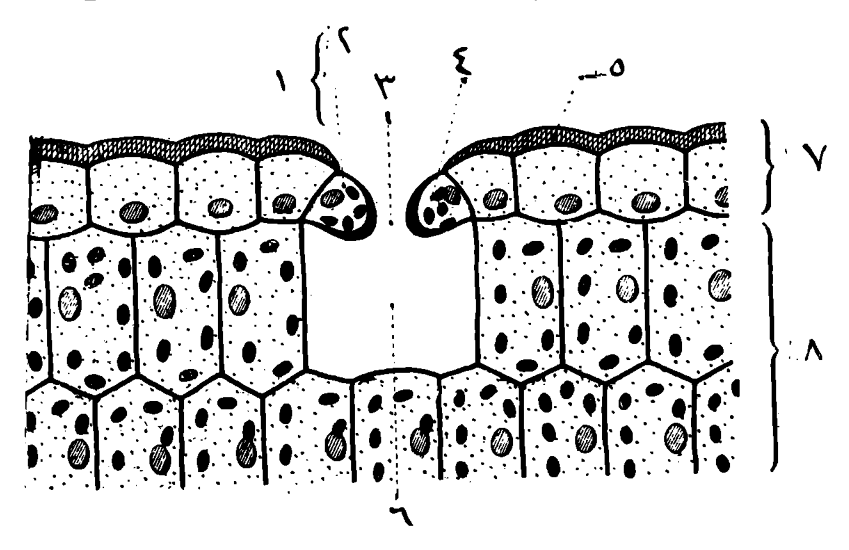
يكون السطح الخارجي للخلايا البشرية ثخيناً ومغطى بمادة القشيرين . ونسمي هذا الجدار السميك المتشرب بمادة القشيرين بالقشيرة .

القشيرين : هي مادة كتيمة ، تنتج عن الحموض الدسمة ، لاتسمح بالنفوذ ولا تتفسخ ويحول وجود القشيرين هذا ، دون تبلل الورقة عندما يسقط عليها الماء ، اذ تتدحرج قطيرات الماء على سطحها دون ان تلتصق .

ونعتبر قشيرة البشرة - بفضل عدم نفاذها - نسيجاً واقياً ، فهي تخفف من سرعة تبخر الماء الموجود في النسج الواقعة تحتها . بينما تؤمن المسام التبادلات الغازية الضرورية بين النبات والوسط الخارجي .

ففي كثير من النباتات تمتد الخلايا نحو الخارج ، على شكل اوبار مختلفة تجعل سطح الورقة او الساق مخملياً .

ويمثل الشكل مقطعاً لورقة تبدو فيها البشرة بوضوح ونشاهد في هذا المقطع ، بأن



(شكل ٥٥) مقطع تخطيطي في بشرة ورقة مع النسج الواقعة تحتها

١ــ سم ٢ و ٤ــ خليتان سمية ن ٣ــ فوهة السم ٥ ــ قشيرة ٦ــ حجرة تحت السم

٧ــ بشرة ٨ــ نسيج خاص يخضوري

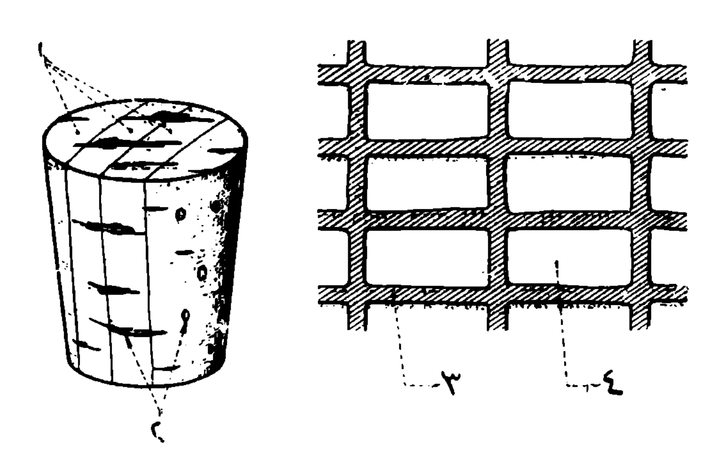
النسج الواقعة تحت الفوهة السمية قد ابتعدت فتركت فراغاً يدعى الغرفة تحت السم، وتستر البشرة الاوراق والسوق الفتية واجزاء الازهار ، وتحميها .

٢ ــ **الفلين** : لانستطيع نزع البشرة من السوق المسنة ذات اللون الاسمر ، لوجود نسيج واق سميك بلون اسمر عاتم ، يقوم مقام البشرة يدعى الفلين ، يستر هــذه السوق ، ويحيط بالجذور المتقدمة بالسن .

ومن السهل دراسة بنية الفلين في سدادة من الفلين (قد قدت من طبقة فلين تحيط بجذع شجرة البلوط) . فاذا اجرينا فيها مقطعاً رقيقاً بموسى حادة ، وفحصناه تحت المجهر فلاحظ نسيجاً مؤلفاً من طبقات منتظمة من الخلايا ، قد تفلنت جدرانها،وغدت ثخينة ذات لون اسمر .

مادة الفلين : هي سمراء كتيمة ، ويشبه تركيبها الكيميائي تركيب مادة القشيرين ،

ويحصل التفلن في جميع سطوح الخلايا على الاطلاق بينما لا تتبدل سوى السطوح الخارجية للخلايا البشرية في حالة تكوين القشيرين . فانمزلت تبعاً لذلك محتويات الخلايا في الفلين عن بعضها البعض بسبب اطارها الكتيم ، مما ادى الى موتها السريع ، ثم امتلاء جوف خلايا

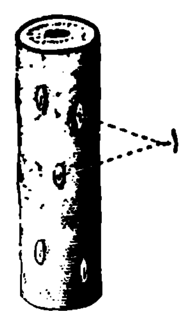


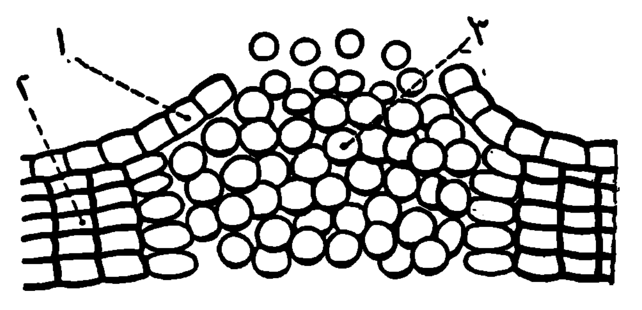
(شكل ٥٦) سدادة من الفلين ومظهر مجهري لقطعة من الفلين

١ — طبقات سنويه للفلين ٢ — عديسات ٣ — جدار متفلن ٤ — كهف مملوء هواء

الفلين ـ ذلك النسيج الميت ـ بالهواء ، وهذا ما يجعله خفيفاً . والفلين رديء النقل للحرارة، ولذلك فهو يحمي الاعضاء النباتية التي يسترها .

المديسات: تتشكل العديسات ـ نتيجة لعدم نفوذ الفلين ـ لتقوم بالمبادلات الغازية ، مابين النسج الداخلية والوسط الخارجي .





(شكل ٥٧) عديسات في ساق الزان المسن

١ — عديساتان

شكل (٥٨) مقطع تظهر فيه العديسة

١ — بشرة ٢ — فلين ٣ — فلين ذو مسام ومعه اصمغة

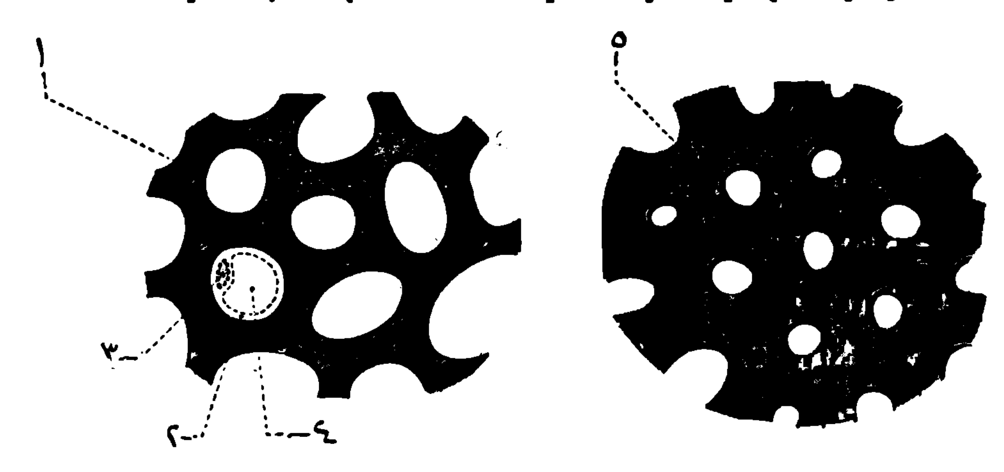
ونشاهد على جذع الزان المسن نتوءات (لها فوهات على شكل عرى متطاولة) تدعى العديسات - وتستقر داخل هذه الفوهات خلايا ميتة متفلنة ، وقد انعزلت عن بعضها البعض ، وتفككت لتسمح بمرور الغازات من خلالها .

وما الحفر السمر المتطاولة ، التي نشاهدها في سدادة الفلين الا عديسات، وما الغبار الاسمر الذي تحويه الا خلايا متفككة كما ذكرنا .

النسج النباتية الاخرى

١ - نسج الاستناد :

يمكننا ان نلاحظ اثناء دراسة اعضاء النبات، نسجاً ذات غلف ثخينة ، تدعى نسج الاستناد ، وذلك بالاضافة الى النسج الاساسية التي اشرنا اليها سابقاً ،وتكسب هذه النسج الاعضاء التي تكون فيها صلابتها وقساوتها (الاعضاء الهوائية بصورة خاصة).



(شكل٥٩) نسج الاستناد

مقطع عرضاني في النسيج المتصمغ (الى اليسار)   مقطع عرضاني في النسيج المتخشب (الى اليمين)

١ - غلاف سللوزي ثخين ٢ -هيولى ٣- نواة ٤- فجوة ٥- غلاف متخشب ثخين

ونذكر من هذه النسج :

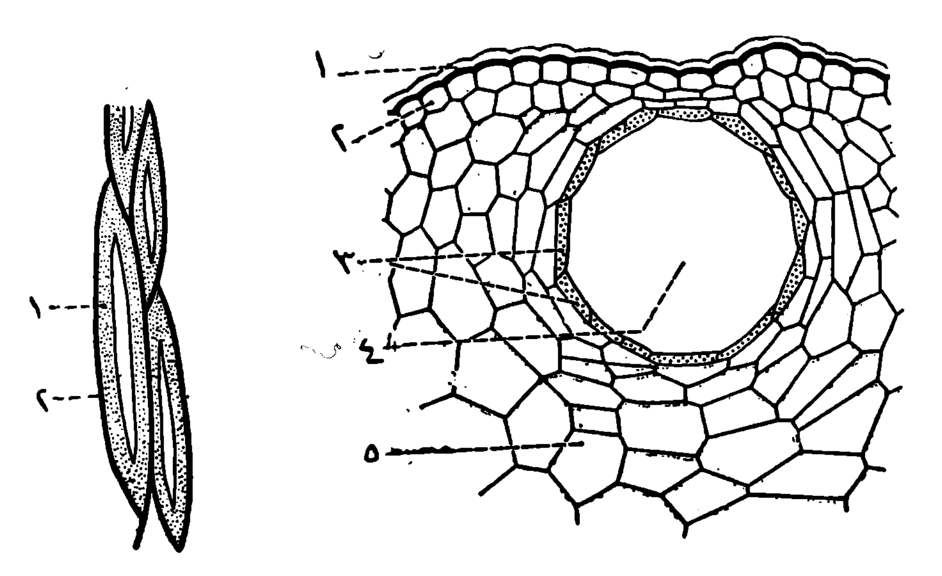
١ - النسيج المتصمغ : ويتألف من خلايا حية ، ذات غلف ثخينة سللوزية بحتة ،

وقد ترا ـ السللوز في زواياها على الخصوص ، وما النسيج المتصمغ الا نسيجاً خاصاً قد تخثنت غلف خلاياه بالشكل الذي ذكرناه .

٢ – النسيج المتصلب : ويختلف عن النسيج المتصمغ بطبيعة جدرانه الخلوية بصورة خاصة ، التي تخشبت واصبحت اكثر صلابة ومتانة ، ويعتبر النسيج المتصلب نسيجاً ميتاً ، لانعدام الهيولى في خلاياه المتخشبة . وما الاشواك ، ونوى الكرز والدراق الا نسجاً متصلبة .

والالياف المتصلبة عبارة عن خلايا قاسية ، وقد تطاولت كثيراً .

ب – النسج المفرزة :



شكل(٦١) جيب مفرزة في قشرة البرتقال
١ – قشيرة ٢ - بشرة ٣ - خلايا مفرزة
٤ – فراغ الجيب المفرز مملوء بالارواح ٥ – نسيج خاص

شكل(٦٠) الياف خشبية
١ – غلاف متخشب ٢ – ليف

تتراكم في هذه النسج مواد لا يستفيد منها النبات ، وتعتبر كفضلات : ومنها الارواح التي توجد في الجيوب المفرزة ، كما في قشور البرتقال والليمون . وكذلك الراتنج الذي يوجد في القنوات المفرزة في الصنوبرات ، واللبن النباتي الذي يوجد في شجر المطاط الخ ..

اجهزة الحركة في الانسان

يقوم جسم الانسان بوظائف عديدة يتصل بفضلها مع الوسط المحيط به تدعى وظائف الاتصال . ويعمل على تنفيذ الوظائف هذه جهازان هامان هما . الجهاز الحركي الحاوي على الهيكل العظمي (الصقل) والعضلات والجهاز الحسي الحاوي على اعضاء الحس والجملة العصبية فندرسها بالترتيب التالي :

العظام والعضلات والجملة العصبية والحواس .

العظام

العظام قطع صلبة بيضاء لايقل عددهـا في الانسان عن ٢٠٨ ويراوح وزنها بين ٧ الى

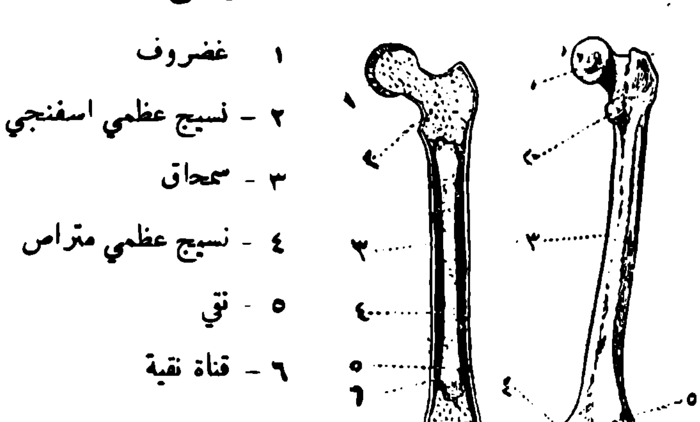
١ - مشاشة عليا

٢ - ناتيء

٣ - جسم العظم

٤ - مشاشة سفلى

٥ ثقوب مغذية



شكل (٦٢)

عظم طويل   مقطع طولي في عظم طويل

٨ كيلوغرامات تقع كلها تحت اللحم على عمق متفاوت لـتتند اليها سائر الاقسام الرخوة في البدن وهي على ثلاثة أشكال : عظام طويلة ، وعظام مسطحة ، وعظام قصيرة .

١ - **العظام الطويلة** : هي التي تقع في الاطراف كعظام العضد والساعد والفخذ والساق وتتألف من جسم اسطواني ومن نهايتين اضخم من الجسم تدعيـان بالمشاشتين فيها سطوح ملس تمفصل مع العظام المجاورة وسطوح خشنة ونواتيء تركز عليها الاربطة والعضلات.

٢ **العظام المسطحة** : او العريضة يغلب فيها الطول والعرض على البعد الثالث وتقع حول الاجواف كعظام الجمجمة والكتفين وعظام الحوض ولهاوجهان انسي مقعر ووحشي محدب.

٣ - **العظام القصيرة** : هي التي تتقارب فيها الابعاد الثلاثة وترى في العمود الفقري وفي معصم اليد ورسغ القدم .

بنية عظم حي : اذا نشرنا عظماً طويلا ، احتث حديثاً من جسم حيوان ، وكان النشر ماراً بمحور العظم رأينا فيه الاقسام الآتية :

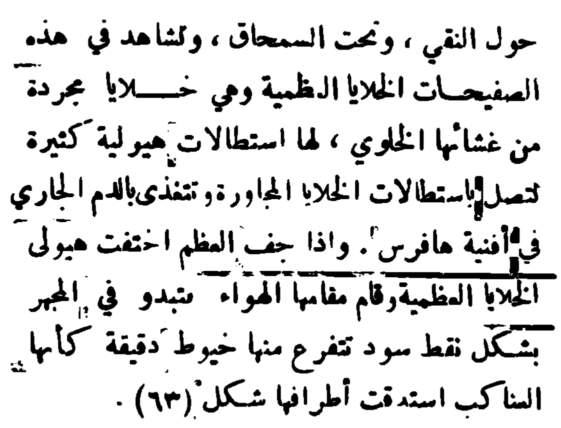
السمحاق والنسيج العظمي المتراص في جسم العظم ، والنسيج العظمي الاسفنجي والنسيج الغضروفي في المشاشين ، ثم النقي (المخ) في القناة النقية .

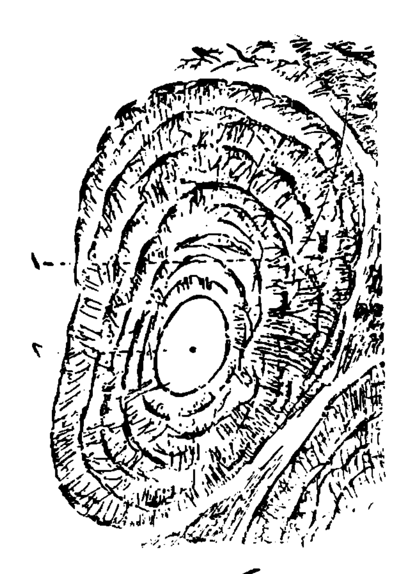
١ - **السمحاق** : غشاء ضام ليفي يحيط بالعظام ويلتصق بالنسيج العظمي بألياف تنفذ فيه بصورة مائلة وهو غني بالاوعية الدموية يتألف من طبقتين طبقة سطحية وطبقة عميقة وتسمى هذه الطبقـة المولدة للعظم ، خلاياهـا نشيطة تصطنع المادة العظمية كما سنرى فيما بعد .

٢ - **النسيج العظمي الكثيف (المتراص)** : لنصنع مقطعاً في نسيج عظمي كثيف لعظم طويل ثم لنبرده برداً حتى يرق ويصبح شفافاً ولنفحصه تحت المجهر فنجد فيه :

أ - اقنية دقيقة تسمى اقنية هافرس تتراوح أقطارها ٣٠ - ٣٠٠ (شكل ٦٣ - ٦٤ - ٦٥) صغيرة وهي موازية لمحور العظم تتفاغم مع بعضها وتحوي على خيوط عصبية واوعية دموية متفرعة عن شريان يدخل الى العظم من الثقوب المغذية .

ب - **المادة العظمية** : وتتألف من صفيحات عظمية تتكاثف حول اقنية هافرس ،

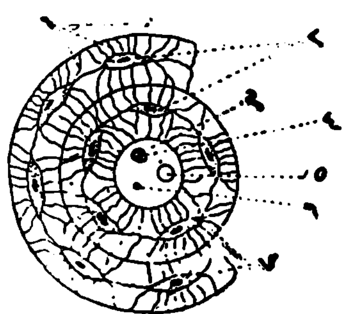

حول النقي ، وتحت السمحاق ، ولشاهد في هذه الصفيحات الخلايا العظمية وهي خـــلايا مجردة من غشائها الخلوي ، لها استطالات هيولية كثيرة لتصل باستطالات الخلايا المجاورة وتتغذى بالدم الجاري في أقنية هافرس . واذا جف العظم اختفت هيولى الخلايا العظمية وقام مقامها الهواء تبدو في المجهر بشكل نقط سود تتفرع منها خيوط دقيقة كأنها العناكب استدقت أطرافها شكل (٦٣) .



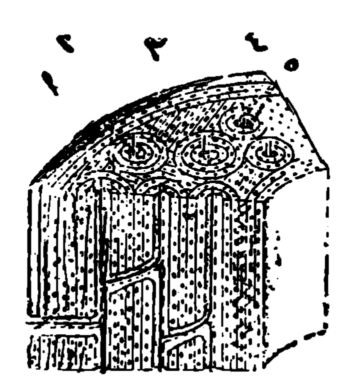
شكل (٦٣)
مقطع معترض في نسيج عظمي
١ - خلايا عظمية ٢- قناة هافرس

٣ ــ **النسيج الاسفنجي** : يتألف هذا النسيج من حجب عظمية تحدد أجوافاً غير منتظمة مملوءة بنقي احمر خلاياه غنية بخضاب الدم .

٤ ــ **النسيج الغضروفي** : يستر مشاشتي العظم غضروف وهو نسيج أبيض لامع مرن مؤلف من



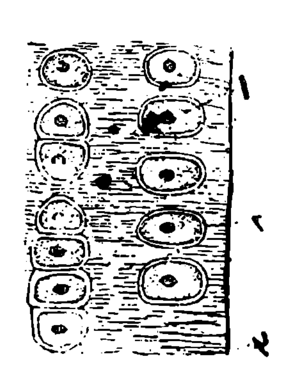
شكل (٦٤)
قناة هافرس مع خلاياها وصفيحاتها العظمية
١ ـ استطالات هيولية ٢ ـ خلايا عظمية
٣ ـ قناة هافرس ٤ ـ وريد
٥ ـ شريان ٦ ـ عصب
٧ ـ صفيحات عظمية (مادة خلالية)



شكل (٦٥)
بنية رمزية لنسيج عظمي
١ ـ اقنية هافرس
٢ ـ سمحاق
٣ ـ خلايا عظمية
٤ ـ اوعية ٥ ـ صفيحات عظمية

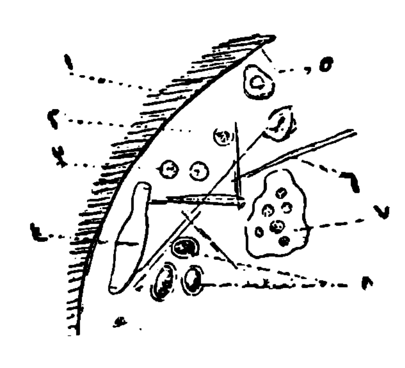
خلايا غضروفية مستديرة مثنى مثنى او اربعة تحيط بها محفظة تنمو وتنقسم وتفرز حول نفسها مادة خلالية مركبة من املاح معدنية بنسبة ٢ — ٣ ٪ ومن مواد شبيهة بالاح تستحيل بالغليان الى نوع من الهلام يدعى الغضروفين شكل ٦٦ .

نقي العظام : في باطن العظام الطويلة جوف يسمى القناة النقية فيه نقي ، اصفر في جسم العظم ، احمر في مشاشتيه . رمادي في الشيوخ ؛ متورد في الاطفال ويتألف النقي من شبكة ضامة رخوة فيها خلايا دهنية وشعريات دموية وخلايا مولدة للكريات الحمر تكون في البدء عديمة اللون ثم يرتشح فيها خضاب الدم . وتشاهد في النقي أيضاً كريات بيض مختلفة الانواع منها نواتها على شكل سبحة وتدعى الكريات او الخلايا النقية ومنها نواتها مستديرة وتدعى بالبلغميات كما تشاهد فيه خلايا عرطلة (١٠٠ صغ) توسع القناة النقية بتخريبها المادة العظمية الباطنة .



شكل (٦٦) نسيج غضروفي نقي العظم

١ — خلايا غضروفية
٢ — محفظة غضروفية
٣ — مادة خلالية غضروفية



شكل (٦٧)

١ نسيج عظمي
٢ — خلية مولدة لكرية حمراء
٣ — كريات حمر
٤ — وعاء شعري
٥ — كريات بيض
٦ — شبكة ضامة
٧ — خلية عرطلة
٨ — خلايا شحمية

وللنقي وظائف جمة فهو ينقص من وزن العظام والعظم المجوف خفيف لكنه متين ، ويختزن الدهن ويصنع الكريات الحمر ويخرب المادة العظمية (لتوسيع القناة النقية) .

العظام المسطحة والعظام القصيرة : لهذه العظام طبقة خارجية مؤلفة من نسيج عظمي كثيف في باطنها نسيج اسفنجي فيه نقي احمر .

تركيب العظام الكيميائي : **اجراء التجربتين** : اذا وضعنا عظماً بضعة ايام في محلول حمض كلور الماء الممدد بقدر حجمه بالماء احتفظ العظم بشكله وتبدل قوامه فأصبح ليناً مرناً ينحني وينفتل بسهولة وقد سميت المادة التي يتألف منها في هذه الحالة بالعظمين وهي مادة آزوتية تنقلب بالغليان الطويل الى هلام (جلاتين) ويقدر وزنها بثلث وزن العظم .

واذا كلسنا العظم في الهواء احترقت مادة العظمين وبقيت مادة معدنية بيضاء (اتحدت مع حمض كلور الماء في التجربة السابقة) تتركب من الاملاح التالية :

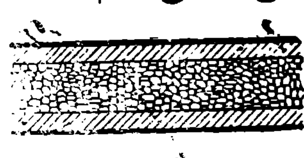
فوسفات الكالسيوم ٨٥ ٪

فحمات الكالسيوم ٩ ٪

فوسفات الماغنزيوم ٢ ٪

فلوورور الكالسيوم ٤ ٪ (تزيد نسبة هذا الملح كلما شاخ العظم)

ويقدر وزن المواد المعدنية هذه بثلثي العظم ويستدركها الانسان والحيوان من الاغذية فاذا افتقرت الاغذية الى الاملاح الكلسية بقيت العظام لينة وتشوهت وحدث فيها الخرع وقد غذي الحمام بغذاء خال من املاح الكلس فظهرت عليه علامات الخرع ويصاب الرضيع بالخرع والكساح اذا حرم من غذائه الطبيعي وهو اللبن الغني باملاح الكلس .



شكل (٦٨) مقطع عظم مسطح
١ — سمحاق
٢ — نسيج عظمي كثيف
٣ — نسيج عظمي اسفنجي (نقي احمر)

تكون العظام : عندما تتخلق المضغة تكون العظام فيها مؤلفة من مجموعة من الخلايا الضامة ثم تنمو على شكلين :

١ — تنقلب الخلايا الضامة مباشرة الى خلايا عظمية ويشاهد هذا الطراز من التعظم في العظام الغشائية كعظام قبة الجمجمة والاضلاع . ولا يتم تعظم القبة دفعة واحدة بل تبقى فيها مناطق غشائية رخوة حتى بعد الولادة تسمى اليوافيخ .

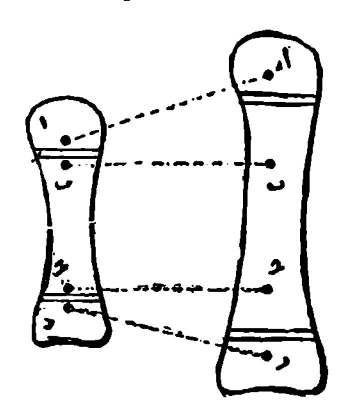
٢ — تنقلب الخلايا الضامة الى خلايا غضروفية وترشح المادة الخلالية بالغضروفين فيصلب العظم قليلا ويأخذ شكله النهائي ثم يتبدل الغضروف تدريجياً فتؤتكل خلاياه ويحل محلها العظم . ويعرف هذا بالتعظم وتسمى هذه الفئة من العظام بالعظام الغضروفية وتشمل القسم الاكبر من عظام الهيكل . ويتم التعظم بظهور اوعية دموية شعرية من السمحاق تمتد من شريان اصلي مخترقة نسيج الغضروف ثم تعود الى الوريد المرافق للشريان فتكون عروة دموية في باطن الغضروف وتصطحب هذه الاوعية معها خلايا ضامة تنسل منها وتهضم الغضروف في مناطق معينة محدثة كهوفاً تحيط بها عصائب غضروفية (الغضروف الذي لم يهضم) تتخضب تدريجياً بالاملاح الكلسية ، ثم تصطف الخلايا الضامة على جدران الكهوف وتتحول الى خلايا عظمية تنشأ من اجتماعها صفيحة عظمية . ثم تتوضع خلايا ضامة اخرى في انسي الاول فتكون صفيحة عظمية ثانية تبطن الاولى وهكذا تتوالى الصفائح حتى تملأ الكهف وتصل الى محيطه به ، فتكون بذلك (قناة هافرس) وفي وسطها الوعاء وجهازها الصفيحي الذي يبدو في المقطع كدوائر متحدة المركز مركزها القناة .

ويبدأ التعظم في نقاط معينة تسمى نقاط التعظم وهي عادة ثلاث في العظم الطويل : نقطة في منتصف الجسم ونقطة في كل مشاشة ، ويستولي التعظم في المشاشتين والجسم بينما يتراجع الغضروف حتى ينحصر في قرصين : واحد بين الجسم والمشاشة السفلى والآخر بين الجسم والمشاشة العليا .

ويسمى القرصان بغضروفي الاتصال أو غضروفي النمو ، ويبقيان حتى السنة ١٨–٢٥ من العمر حيث يستولي عليها التعظم نهائياً . أما محور العظم الغضروفي فيؤتكل دون ان يحل محله شيء فتتكون بذلك القناة النقية التي تنفذ اليها الاوعية والاعصاب من الثقوب المغذية فتملأها .

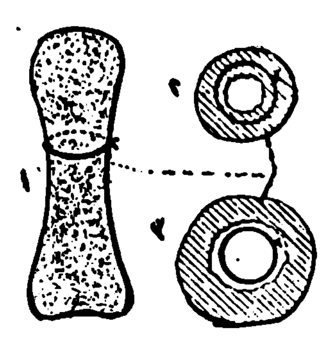
نمو العظام : ١ — نموها طولاً : لندخل في جسم عظم طويل من حيوان حي اربعة مسامير يحاذي كل مسمار منها وجهاً من وجوه غضروفي الاتصال كما في الشكل (٦٩) ثم لننتظر مدة فنلاحظ ان المسافة التي تفصل المسمارين المشاشيين عن المسمارين الجسيميين تطول بينما تبقى المسافة بين المسمارين الجسميين ثابتة لا تتبدل . يستنتج من هذه التجربة ان

استطالة العظم حدثت على وكس النسيج الغضروفي الذي انقلبت طبقاته الجديدة النشوء من جهة المشاشة او من جهة الجسم ، الى عظم بينما بقي ثخن غضروفي الاتصال ثابتاً ، وان العظم متى تكون لايستطيع النمو، وفي السنة ١٨-٢٥ من العمر يستولي التعظم على غضاريف النمو نفسها فيقف بذلك الطول عند حده النهائي. ولايخفى ماللتمارين الرياضية العنيفة والاجهاد من شأن في تعجيل تعظم الغضاريف للنشاط الذي تحدثه في الدوران الدموي .



شكل (٦٩)
نمو العظام طولا

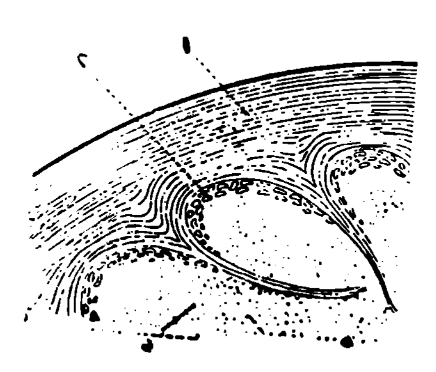
٢ — نموها عرضاً: لوحظ منذ سنة ١٧٤٠ انه اذا مزج طعام الخنزير بمادة ملونة حمراء كالفوة (الفارانس) مثلا تلونت عظامه باللون الاحمر .وفي سنة ١٧٤١ كرر (دوهامل) هذه التجربة في خنزير ، بيد انه كان يطعمه تارة طعاماً ممزوجاً بالمادة الملونة واخرى طعاماً بدون مادة ملونة فوجد في عظامه بعد قتله دوائر حمراء تفصلها دوائر بيضاء ، تتفق الاولى مع زمن التغذية بالطعام الملون بينما توافق الثانية زمن التغذية بالطعام المجرد من اللون . ثم اجرى (دوهامل) تجربة اخرى في حمامة فشد الى جسم احد عظامها سلكاً من الفضة شداً وثيقاً (شكل ٧٠) حتى جاز السمحاق ثم فتش عن السلك بعد مدة فوجده في القناة النقية وكذلك ١-٢-٣- سلك فضي وادوار اجتيازه للعظم لو وضعنا تحت السمحاق في عظم من عظام الارنب ابرة معدنية فاننا نجدها بعد مدة في النقي.



شكل (٧٠)
نمو العظام عرضاً

يتبين من هذه التجارب التي ايدها فلورانس ان العظم ينمو بتكون طبقات عظمية حديثة على سطحه ويؤتكل من جهة النقي بفضل الخلايا النقية التي مر ذكرها .وقد قطع الدكتور (اوليه) شريحة من السمحاق من ظنبوب ارنب وطعم بها ناحية اخرى من نواحي

جسمه الرخوة فوجد ان الشريحة عاشت واحدثت عظماً . فالسمحاق اذن هو الذي يحدث العظم بفضل خلايا طبقته الباطنية التي تسمى بالخلايا المولدة للعظم ، ويبرهن على ذلك بالتجربة التالية : تقلع من عظم شريحة من السمحاق وتترك عالقة بالعظم من قاعدتها .



شكل (٧١) بنية السمحاق
١ـ طبقة السمحاق الليفية ٢ـ الطبقة المولدة
٣ـ نسيج عظمي كثيف

ثم يخاط الجلد ويترك الحيوان شهراً فيلاحظ بعدها ان العظم لم ينم في المنطقة التي قلع عنها السمحاق وان وجه الشريحة السمحاقية الباطن انقلب نسيجاً عظمياً . ويستفاد من خاصة السمحاق هذه في شفاء الكسور وصنع الطعوم العظيمة. ولنذكر الى جانب ماتقدم ان للغدة الدرقية شأناً كبيراً في نمو العظام اذ يوقف استئصالها هذا النمو كما ان للفيتامين A تأثيراً في نموها .

كسور العظام

قد يتعرض جسم الانسان ،بسبب سقوطه من علو شاهق او اصطدام ، الى كسر احد عظامه او كسر عدد منها ،فينبغي في الحالة هذه تثبيت الطرف او القسم المصاب وتوقيفه عن الحركة والعمل . وبعد ذلك يستدعى الطبيب فوراً .

فيقوم الطبيب بعملية رد الكسر وتجبيره اي يرجع نهايتي العظم المكسور الى تماس بعضها بعضاً و لمبتها باحكام . فيحصل في مكان الكسر نشاط بفضل عناصر السمحاق والتي يؤدي الى تكوين سد عظمي فيه يدعى الدشبذ cal الذي يظهر عادة على الصورة الشعاعية بعد بضعة اسابيع من تثبيت الطرف المكسور ووضعه في الجبس؛ وبه يلتئم القسمان المكسوران ويصبح العظم قوياً متيناً .

ويستطيع الطبيب الجراح ايضاً تحقيق التسوية بفضل لوالب ولوحات معدنية تجمل الاقسام المكسورة بتماس بعضها بعضاً ويدعى هذا النوع من رد الكسور الاستجدال .

واذا فقد المصاب بالكسور قطعة كبيرة من نسيجه العظمي ، يعمد عندئذ الجراح الى تطعيم عظمي : فيقوم بنزع صفيحة عظمية عليها طبقة السمحاق من عظم آخر ويغرسها في المكان المصاب ؛ فتعمل قطعة العظم هذه على توليد نسج عظمية جديدة بفضل نشاط جديد في التعظم .

المفاصل

تتصل العظام ببعضها بوجود اماكن الارتباط تدعى المفاصل وهي تمد العظام بحركات مختلفة . وتقسم بالنسبة الى هذه الحركات الى ثلاث فئات :

١ً — المفاصل عديمة الحركة : وابرز مثال عنها دروز عظام قحف الجمجمة ؛ وهي على شكل اسنان تتداخل مع بعضها وتجعل قطع العظام ثابتة .

٢ً — المفاصل نصفية الحركة : منها مفاصل الفقرات ، وهي على شكل اقراص ليفية غضروفية مرنة تسمح بحركات محدودة المدى .

٣ً — المفاصل المتحركة : اذا شرحنا مفصلا في ركبة خروف او عجل مثلا نشاهد فيه اربطة تجمع بين سطوح عظمية مقعرة ومسطحة :

آ — اعضاء ربط العظام : اننا نجد في الركبة مثلا اربطة العظام تتوضع منفصلة عن بعضها ونراها تجتمع في محفظة مفصلية في الورك مثلا . واذا قطعنا احد الاربطة نجد أن العظام لاتتفكك ولا تنفصل عن بعضها ولكنها تبقى متماسكة بتأثير الضغط الجوي . واذا شددنا على العظام نجد ان سطوح التماس تبتعد عن بعضها بعضاً وتظهر لنا اربطة مفصلية داخلية بالاضافة الى الاربطة الخارجية .

ب — سطوح التمفصل : ان كلاً من نهايتي العظمين المتماسين يتداخل في بعضها بعضاً ويقال ان السطحين المفصليين متوافقان وقابلان للتطابق . ونجد منها على شكل كرة في الكتف والورك مثلا ومنها على شكل بكرة هي الركبة والمرفق ومنها على شكل محور في فقرة الفائق بتمفصلها مع الفهقة . ويكسو السطحين المفصليين غضروف املس ومرن يخفف بمرونته ، الاحتكاكات ووطأة الاصطدام .

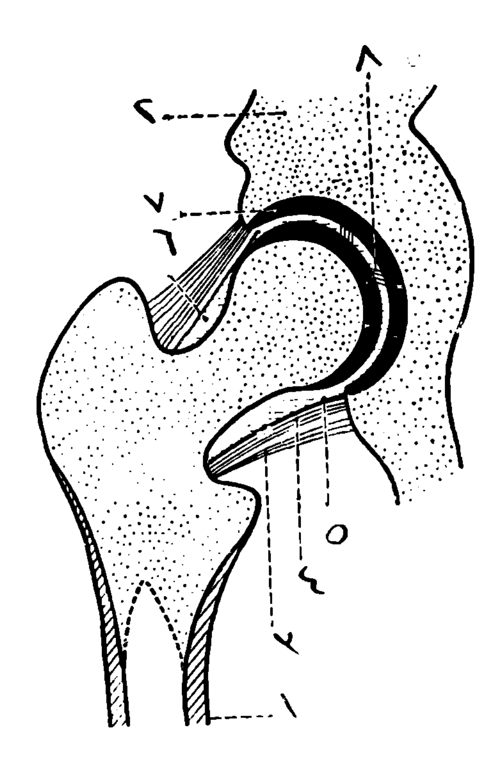
وعندما تقطع الاربطة الخارجية يسيل من المحفظة سائل زيتي براق يدعى الآح المفصلي الذي يعمل على تسهيل الحركة وانزلاق النهايتين المفصليتين . والآح المفصلي هـذا يفرزه غشاء ضام يبطن المحفظة المفصلية .

اصابات المفاصل

قد تزل القدم مثلا نتيجة التعثر اثناء العدو او المشي فتتمدد الاربطة المفصلية او تتمزق دون ان تخرج سطوح المفاصل من مكانها فتدعى هذه الاصابة الوثي.

وقد يتضاعف الوثي بانفصال نهايتي العظمين المتداخلين فيحدث خلع المفصل او الخلوع .

وقد يرافق هاتين الاصابتين انصباب السائل الآحي في المفصل مع انصباب دموي .



مفصل متحرك في الورك

١ – عظم الفخذ　　٢ – عظم الحوض
٣ – اربطة خارجية　　٤ – محفظة مفصلية
٥ - غشاء آحي　　٦ - آح مفصلي
٧ – غضروف مفصلي　　٨ - رباط داخلي



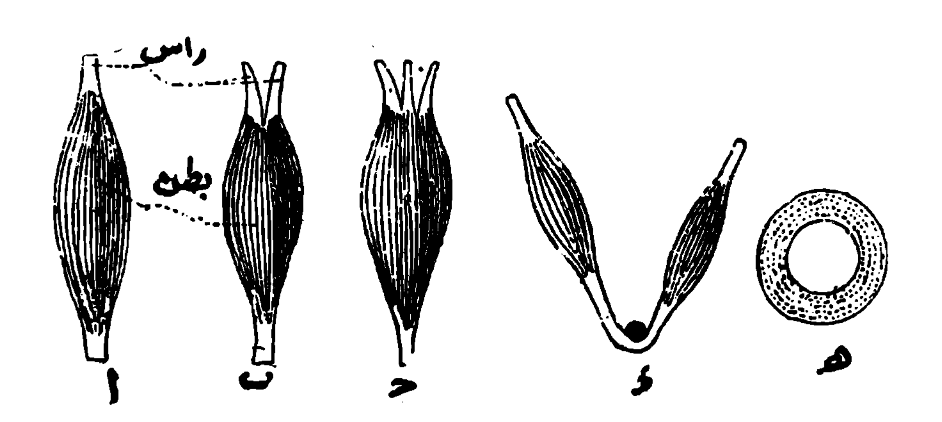
العضلات

العضلات هي الاعضاء الفاعلة في الحركة بينما تعتبر العظام اعضاء منفعلة فيها ، وتنجم عن تقلصها قوة تؤثر في المنطقة التي ترتكز عليها العضلة (الارتكاز المتحرك) من العظم ، فتحركها كما تحرك القوة ذراع الرافعة . او انها بتقلصها تضيق الاجواف التي تبطنها ، كالقلب والاوعية . وتؤلف العضلات القسم اللحمي من الجسم ، ويقدر وزنها في الانسان وسطياً بثلاثين كيلو غراماً . فاذا اعتبرنا الوزن المتوسط للانسان (٧٠) كغ كان وزن العضلات ٣/٧ وزن البدن او مايقارب من نصفه ، وقــد قدر بعضهم وزنها بثلثي وزن الجسم .

« تشريح العضلات »

العضلات ثلاثة انواع :

١ — عضلات حمر مخططة : وهي عضلات تقلصها ارادي وسريع كعضلات الاطراف .



شكل (٧٢) اشكال العضلات

آ — عضلة مغزلية . ب — ذات رأسين . ح — ذات ثلاثة رؤوس

د — ذات بطنين . ﻫ — عضلة دائرية

٢ – عضلة القلب وهي حمراء ومخططة ولكن تقلصها لا يخضع للارادة .
٣ – عضلات بيضاء او ملساء وتقلصها غير ارادي وبطيء كعضلات الامعاء .

١ – العضلات المخططة :

شكلها : مغزلي في الغالب ، فالقسم المتسع الاحمر فيها يسمى بطن العضله ونهايتاها البيضاوتان الضيقتان تسميان بالوترين : وهما ليفيان مرنان ترتكز بها العضلة على العظام ، وقد تحوي العضلة احياناً وترين في نهاية واحدة فتسمى ذات الرأسين او ثلاثة اوتار فتسمى ذات الرؤوس الثلاثة اواربعة اوتار فتدعى ذات الرؤوس الاربعة وقد يكون للعضلة الواحدة بطنان متصلان بوتر متوسط كالعضلة ذات البطنين الذقنية التي تخفض الفك السفلي . وقد تكون العضلة دائرية او حلقية تحيط بفوهة فتسمى المصرة كمصرة الشرج او تكون بشكل مروحة ، او بشكل ستار عريض .

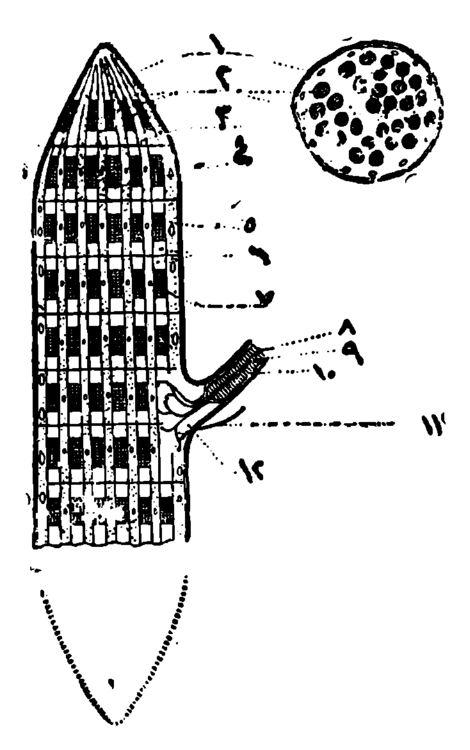
بنيتها : لنصنع قطاعاً عرضياً في بطن عضلة ولندقق فيه ، فنشاهد حول البطن غلافاً ضاماً مرناً يدعى صفاق العضلة يبعث بحجب الى باطن العضلة فيقسمها الى مساكن صغيرة تسكنها حزم من الالياف العضلية المخططة.

(شكل ٧٣)
مقطع عرضي في عضلة
١ حجب ضامة ٢ - غشاء العضلة ٣ - مساكن
٤ - حزم ليفية ٥ - حجيرات عضلية

ويحيط بكل حزمة غشاء ضام رقيق ، فينقسم كل مسكن هكذا الى حجيرات ، في كل حزمة . وتتضح هذه البنية في لحم البقر المغلي . فالعضلة اذاً مجموعة من الالياف العضلية ، يعتبر الليف العضلي المخطط العنصر الاساسي فيها .

الليف العضلي المخطط : فحص مجهري بعد غلي قطعة من اللحم . هو خلية ضخمة طولها ٤ سم وعرضها ٤٠ - ٥٠ صغيراً . يحيط بها غشاء يدعى غشاء الليف العضلي وفيها هيولى تدعى الهيولى العضلية وفي الهيولى مكتنفات من الدسم ومولد السكر ، ويرصعها في المحيط

عدد من النوى مما يثبت ان هذه الخلية العملاقية تألفت من اجتماع عددمن الخلايا الصغيرة.



شكل(٧٤) ليف عضلي مخطط
١ــ غشاء الليف ٢ - ليفات ٣ - هيولى
٤ــ نوى محيطية ٥ - قرص عتم ٦ــ قرص نير
٧ــ نوى عضلية ٨ - محور اسطواني ٩ــ نخاعين
١٠ . غمد شوان ١١ــ خيط عصبي ودي
١٢ ــ لوحة محركة

ويتكثف قسم من الهيولى في باطن الليف بشكل اعمدة (٦ - ٨) ممتدة من قطب الليف الواحـــد الى قطبه الآخر تدعى الليفات وتقسم الليفات حجب دقيقة عرضية، الى قطع متساوية في كل قطعة منها قرص عتم يفصل بين قرصين نيرين . والقرص العتم قابل للتقلص بينها القرص النير مرن . وتصطف الاقراص في الليف صفاً تتحاذى فيه الاقراص المتماثلة فيبـدو الليف مخططاً وهذا مادعى الى تسمية هذا النوع من العضلات بالعضلات المخططة.

يرد الى كل ليف عضلي خيط عصبي ينفذ من غشائه من نقطة تسمى اللوحة المحركة (٣٠ــ ٤٠ صغ) ويتفرع محور العصب الاسطواني اغصاناً عديدة تتصل بالليفات مباشرة فتنتقل اليها الاوامر الحركيـة ، فاذا قطع العصب شلت العضلة . ويرتشح خضاب الدم في الليف العضلي المخطط ، فيلونه باللون الاحمر.

تركيب العضلات الكيميائي :

تتركب العضلات كيميائياً .

١ - من ماء بنسبة ٧٥ ٪

٢ ــ من مواد آحينية وشبيهة بالآح بنسبة ٢١ ٪ واشهر هــذه المواد العضلين . واذا فرمنا عضلة وعصرناها في الدرجة ١٠° من الحرارة سالت منها عصارة (العصارة العضلية)

تدعى المصورة او الهيولى العضلية لشبه مصورة الدم ، تتخثر بالحرارة لترسب العضلين منها ، وتشبه هذه الحادثة تخثر الدم .

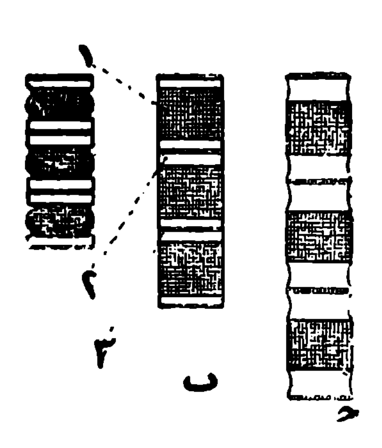
٣ — من املاح معدنية بنسبة ١ ٪ .

٤ — من صباغ يدعى خضاب الدم العضلي

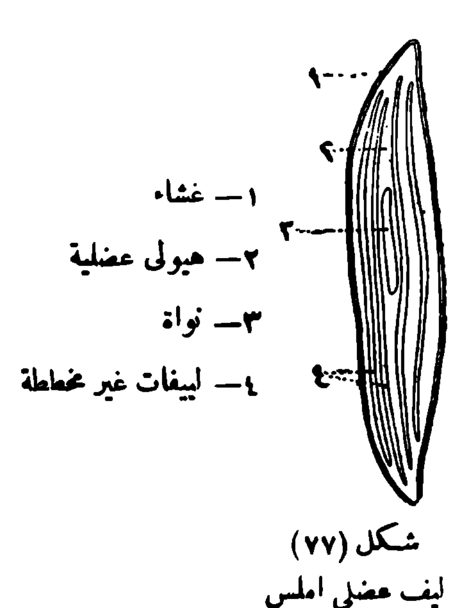
٥ — من مولد السكر ومولد الفصفور (فوسفاجين) بنسبة ١ ٪ .

اجراء تجربة تبين وجود مولد السكر[1]

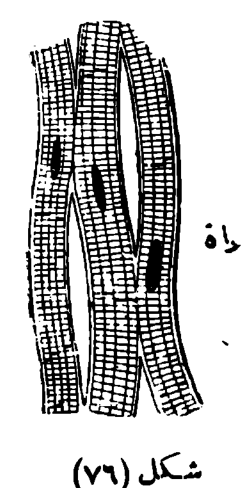
وقد تضاف الى هذه المواد مواد اخرى تنتج عن العمل العضلي كحامض اللبن ، اوعن تضاد التمثل العضلي كالكرآتين والكرآتينين وحامض البول والبولة .



شكل (٧٥)
ليفة عضلية
آ – في حالة التقلص ب- في حالة الراحة
ج – في حالة التمدد ١- قرص عتم
٢ – قرص نير ٣- خط عتم



شكل (٧٧)
ليف عضلي املس



شكل (٧٦)
الياف عضلية قلبية

(١) اسحق عضلات ضفدع عبيطة مع قليل من الرمل في جرن ثم اضف اليها ماء غاليا ورشحها . ثم اضف الى السائل المرشح قليلاً من ماء اليود الذي يكسبه لوناً اسمر قاتم يدل على وجود مولد السكر .

٢ عضلة القلب : هي عضلة حمراء مخططة لاتخضع للارادة ، اليافها متفصنة تتفاغم مع بعضها . في كل ليف منها نواة واحدة . وتمتن الليف خطوط عرضية اضافية تجعل منظره سلمياً وتدعى الخطوط السلمية .

٣ – العضلات الملس : في جدران الانبوبة الهضمية والمثانة والاوعية عضلات ، لا يخضع تقلصها للارادة ، وليس فيها تخططات مشابهة لما ذكر ، سميت العضلات الملس . والليف العضلي الاملس خلية كبيرة مغزلية طولها ٤٠ – ٢٠٠ صغير فيها هيولي عضلية ونواة ولها لييفات مجردة من الاقراص العتمة والنيرة . ينفذ اليها الخيط العصبي بشكل شبكة او زر . والتقلص في العضلات الملس بطيء لكنه قوي ومستمر فهي التي تغلق بقوة مصراعي السلج وما شابهها .

الخلاصة : الليف العضلي خلية كبيرة تميزت فأصبحت قادرة على التحريك ثم استطالت وغدت هيولاها بشكل لييفي .وتعمل العضلات المخططة على ضمان الحركة بينما تعمل العضلات الملس على ضمان التغذية .

فيزيولوجيا العضلات

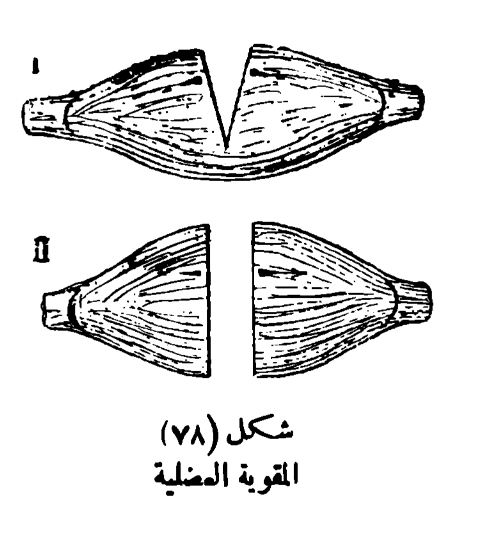
آ – خواص العضلات

تتصف العضلات بأربع صفات اساسية : المرونة ، المقوية ، التنبه ، التقلص .

اولاً – المرونة :لنشد عضلة شداً معتدلاً ثم لنتركها فنرى انها تمددت بالشد ثم عادت ببطء الى طولها الاصلي بعد زوال الشد ، فنقول انها مرنة مرونتها تامة بطيئة . ولهذه المرونة حدود اذا تجاوزناها تصررت العضلة وتعذر رجوعها الى طولها الاصلي . مثلاً اذا ربطنا الى عضلة من ساق ضفدعة ثقلاً وزنه ٥٠ غراماً ثم ازلناه فان العضلة لاتعود الى حالها الاصلي بل تبقى متمددة .وليست هذه الخاصة صفة فيزيائية بحتة ، فهي تتعلق بتغذي العضلة وتزول بعد الموت وتفيد في التخفيض من عنف الحركات الفجائية وفي تسهيل العمل العضلي .

ومقر المرونة الاقراص النيرة اذ تطول اثناء الشد بينما تبقى الاقراص المتمة بطولها الاصلي .

ثانياً — المقوية : لنقطع عضلة في حالة طبيعية فنرى ان طرفيها يتباعدان، واذا كان القطع في الوتر قصرت العضلة مقداراً قليلاً وتعتبر هذه الحادثة خاصة حيوية ، سميناها المقوية . يدبرها عصب العضلة المحرك فلو قطع العصب ثم قطعت العضلة بعده لبقي طرفا القطع متلاصقين ولاسترخت العضلة . وللمقوية شأن كبير في توليد الحرارة العضلية وفي تحديد شكل العضلة وقوامها الطبيعيين.



شكل (٧٨)
المقوية العضلية

ثالثاً — التنبه : تجيب العضلة على التنبيه بالتقلص . وتنبهها عوامل مختلفة تنحصر في الزمر التالية :

المنبهات الآلية : هي الوخز والقرص والضغط وتحدث كلها تقلصاً في العضلة .

المنبهات الحرارية : تنبه العضلة بتبدلات الحرارة المفاجأة .

المنبهات الكيميائية : تتنبه العضلة بحامض ممدد (بنسبة ١٠ ٪) او بمحلول الامونياك او بقليل من الملح .

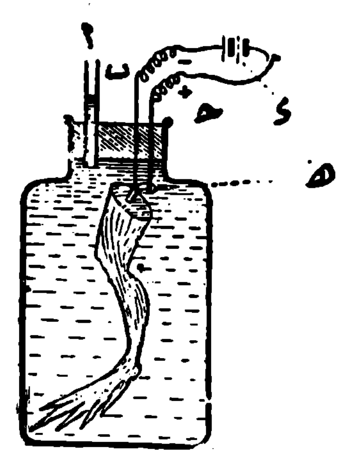
المنبهات الكهربائية : هي افضل المنبهات لسهولة تنظيمها شدةً وزمناً . وهي تحدث وتتوقف بحسب الطلب .

وتتنبه العضلة بالتيار المتواصل،او بتيار المكثفات ، وينبغي لحدوث التنبيه تبدل في شدة التيار او في قوته المحركة ، فلا تتقلص العضلة في اثناء مرور التيار فيها ما دامت الشدة والقوة المحركة ثابتتين . وللتيار المحرض او المحرض المنطلق من وشيعة ، تأثير مماثل . فتحدث ، في كل مرة تفتح فيها الدارة المحرضة او تغلق ، موجة كهربائية محرضة (موجة انفتاح وموجة انغلاق) تنبه العضلة . ويشترط ان لا تقل شدة التيار الناتج عن

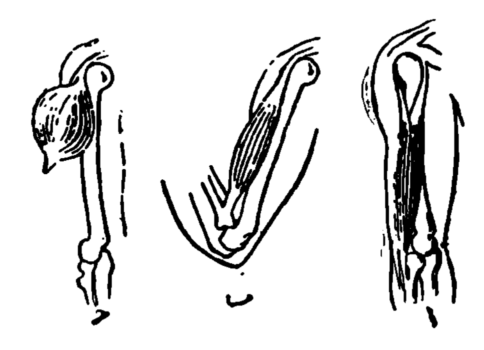
حد معين يدعى عتبة التنبيه ، فاذا كانت دون هذا الحد لاتتقلص العضلة وتزيد سعة التقلص بنسبة زيادة شدة التيار ، حتى تبلغ السعة حداً تقف عنده مها زادت الشدة بعـــد ذلك. ويدعى هذا الحد التنبه الاقصى . ولمدة التنبيه شأن في مدى الجواب . فيجب كلما قصرت مدة التنبيه ، ان تزيد شدة التيار للحصول على نفس الجواب وبالعكس . وتختلف مـدة التنبيه باختلاف نوع العضلات فهي طويلة في العضلات البطيئة التقلص ،وقصيرة في العضلات السريعة التقلص كما في عضلاتنا المخططة الارادية ، وفي عضلات الضفدع الملس حيث تكون من فئة معشار (واحد من الالف) الثـانية . وقد سميت المدة اللازمة لتقليص عضلة معينة كرونا كسيا العضلة .

المنبه الفيزيولوجي (الفريزي) : ان السيـالة العصبية هي المنبه الطبيعي للعضلات وتصدر عن المراكز العصبية وتنتقل بواسطة العصب المحرك حتى تصل الى العضلات .

رابعاً قابلية التقلص : متى اثر منبه في عضلة ، تقلصت ،فانتفخت وبقي حجمها ثابتاً فاذا قلصنا مثلاً بفعل ارادتنـا ذات الرأسين العضدية فانها تقصر وتعطف الساعد على العضد

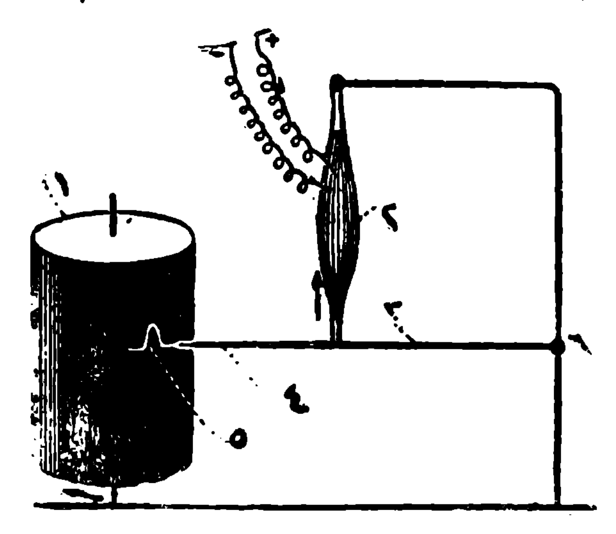


شكل (٨٠) التقلص لا يبدل حجم العضلة
آ ـــ انبوب يبين مستوى السائل
ب ج ـــ قطبا مولد د ـــ مولد
ه ـــ العصب المحرك



شكل (٧٩)
آ ـــ العضلة ذات الرأسين في اثناء الراحة
ب ـــ في اثناء التقلص
ج ـــ تقلصها بعد قطع الوتر السفلي

ويزيد قطرها وصلابتها .ويبلغ القصر فيها ثلث طولها الاصلي ؛ واذا كان احد طرفيها حراً بلغ القصر فيها ثلثي الطول او خمسة اسداسه . ونبرهن على ثبات الحجم أثناء التقلص بالتجربة التالية : لنأخذ القارورة ولنضع فيها ساق ضفدع ثم لنملأها ماء ولنسدها بسدادة يمر منها انبوب زجاجي يحدد سوية الماء فيها بعد ان نكون قد وصلنا عصب الساق ، بعد تجريده ، بقطبي مولد كهربائي ثم لنمرر التيار فنرى ان عضلات الساق تتقلص بدون ان تتبدل سوية الماء في الانبوب.



شكل(٨١)ترسيم مسجلة
١ـاسطوانةمسجلة ٢ـعضلة٣ـرافعةمتحركةحول نقطة ٤ ـ ابرة كاتبة ٥ ـ النفضة العضلية

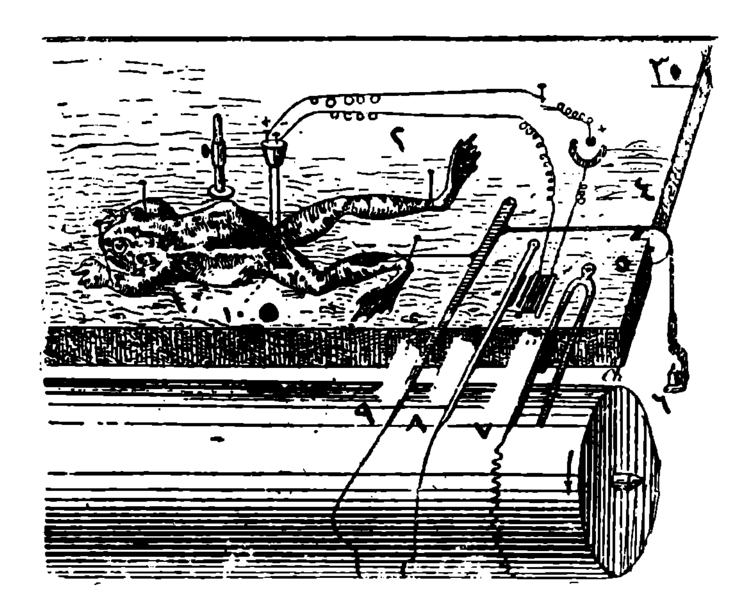
ب ـ درس التقلص العضلي التجريبي

المسجل العضلي: (ميوغراف)

يدرس التقلص العضلي بدقة بواسطة جهاز مسجل يدعى المسجل العضلي يتألف من لوح خشبي تثبت عليه ضفدع جرد وتر من اوتار ساقها، ومن رافعة يربط بها الوتر من جهة ، وتنتهي من جهتها الاخرى بابرة ، تستند الى اسطوانة مسجلة مطلية بالهباب تتحرك حركة متساوية منتظمة . وتعود الرافعة الى وضعها الاصلي بعد كل تقلص بواسطة خيط يربط الى ذراعها ، امام مكان ربط الوتر . وينتهي الخيط بعد ان يمر في بكرة بثقل خفيف .

ويحدث التنبه العضلي في هذه التجربة بطريقتين : اما ان يجرد العصب الوركي الذي يحرك عضلات ساق الضفدع ، ويوصل بمنبه مؤلف من سلكين معدنيين ينتهيان على قطبي مولد ، وتدعى هذه الطريقة طريقة التنبيه المتنف ، او ان توصل العضلات مباشرة بالسلكين المنتهيين بقطبي المولد فتدعى طريقة التنبيه المباشر ، ويعين زمن وصول التنبيه

الكهربائي الى العضلة بواسطة مشعر كهربائي ، وهو رافعة مجهزة بقطعة من الحديد اللين توضع امام قطب مغناطيس كهربائي وتنتهي بابرة تستند الى الاسطوانة المسجلة فتصبح لدينا دارة يهبط فيها التيار من قطب المولد السالب ماراً بالمغناطيس الكهربائي ثم بالمنبه ليعود الى قطب المولد الموجب ، فاذا اغلقنا الدارة بقاطعة جذب المغناطيس ذراع المشعر الذي يسجل على الاسطوانة خطاً ، بينما تكون العضلة في الوقت نفسه اخذت



شكل (٨٢)مسجل عضلي — درس النفضة العضلية
١ - عضلة ٢ - منبه ٣ — قاطعة ٤ — بكرة ٥ — مغناطيس كهربائي
٦ — ثقل ٧ - رنانة ٨ — مشعر ٩ — رافعه ١٠ — عصب وركي

بالتقلص . وتضاف عادة الى هذا الجهاز رنانة لتعيين الزمن ، فتنتهي ساق الرنانة بابرة ايضاً على الاسطوانة المسجلة التي تسجل اهتزازات الرنانة ، ويدل كل اهتزاز منها على جزء من مئة من الثانية .

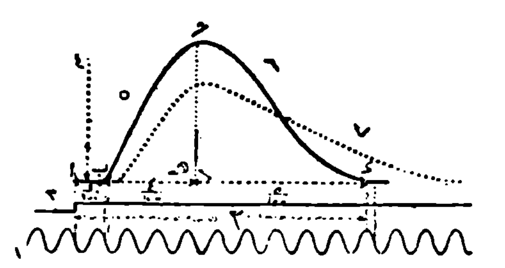
يبدو التقلص العضلي في هذا الجهاز بشكلين اساسيين : اما ان يصل الى العضلة تنبيه واحد فتجيب عليه بنفضة واحدة او ان تصل اليها تنبيهات متوالية فتجيب عليها بالكزاز الفيزيولوجي او التجربي .

النفضة العضلية : اذا ـدت الدارة الكهربائية السابقة الذكر ، يصل الى العضلة تنبيه واحد فتتقلص ، وترسم الرافعة خطاً بيانياً لهذا التقلص ، نستنتج منه المعلومات التالية :

١ ــ لا تجيب العضلة فوراً على التنبيه بل يمر زمن قبل الجواب يقدر بـ $\frac{١}{١٠٠}$ من الثانية يسمى الزمن الضائع (أ ب) .

٢ ــ تتقلص بعد ذلك فتقصر الى حد اقصى (ج) ويدعى هذا الدور دور التقلص او دور القدرة المتزايدة ومدته $\frac{٤}{١٠٠}$ من الثانية (ب ج) .

٣ ــ تسترخي العضلة فتعود الى طولها السابق (د) ويسمى هذا الدور دور الارتخاء او دور القدرة المتناقصة



شكل(٨٣) منحني النفضة العضلية

١ ــ الزمن الضائع ب ج ـ دور التقلص المتزايد ج د ــ دور الارتخاء د هـ ــ سعة التقلص ٧ - منحني التعب

ومدته (ج د) اطول من مدة الدور السابق اذ تبلغ $\frac{٥}{١٠٠}$ من الثانية وتكون بذلك مدة النفضة الكاملة في هذه التجربة عشر الثانية . والمسافة هـ ج هي سعة النفضة التقديرية اذ يجب ان تحسب لتقدير سعة النفضة الحقيقية حساب طول ذراع الرافعة في المسجل .

تحولات النفضة : يتبدل شكل المنحني البياني السابق الذكر بعوامل كثيرة نذكر منها:

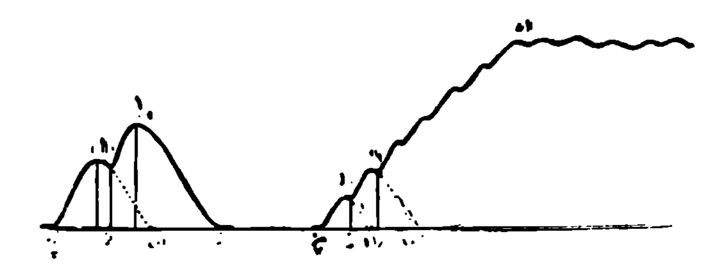
١ ــ **شدة التيار** : اذ تزيد سعة النفضة او تنقص بزيادتها او نقصانها ، بيد ان زيادة السعة تقف عند حد معين ولو استمرت الشدة في الزيادة .

٢ ـ **التعب العضلي** : يزيد الزمن الضائع في العضلة التعبة وتنقص السعة وتطول مدة الاسترخاء ويسمى المنحني البياني هنا منحني التعب .

٣ **نوع الحيوان** : ان مدة النفضة العضلية الكاملة تابعة لنوع الحيوان المستعمل في التجربة فهي في الحشرات ٣ ٪ من الثانية ، وفي الطيور ١ ٪ وفي اللبائن ١ ٪ وفي السلحفاة ٢ ٪ وفي الرخويات « النواعم » ثانية كاملة ويبدو ان قصر التقلص في الافراس

العتمة ، التي تتكور اثناء التقلص وتقصر ويزيد عرضها . بينما تبقى الاقراص النيرة على حالها دون اي تبديل .

الكزاز الفيزيولوجي : اذا نبهنا عضلة تنبيهات متوالية متقاربة يتبدل منحني التقلص فيها . فاذا وصل التنبيه الثاني الى العضلة وهي في دور ارتخائها استأنفت تقلصها بسمة اطول من سمة التنبيه الاول ، واذا توالت التنبيهات دوماً في زمن الارتخاء اجابت العضلة بتقلصات



شكل (٨٤)
مخطط الكزاز التجربي

ذات سمات متزايدة حتى تصل السمة الى حدها الاقصى ، فتحتفظ به حتى يدركها التعب، ويقال آنئذٍ ان العضلة في كزاز ناقص . واذا وصلت التنبيهات الى العضلة وهي في دور التقلص « دور القدرة المتزايدة » زادت السمة وبلغت اقصاها وسجلت الابرة على الاسطوانة خطاً بيانياً افقياً ، فيقال ان العضلة في كزاز تام وللحصول على الكزاز التام هذا ، نستعمل في تنبيه العضلة وشيعة تحريض مجهزة بصفيحة رجافة تنبه العضلة بموجات كهربائية محرضة ، تتولد عند اغلاق الدارة وعند فتحها ، وتتوالى هذه الموجات بسرعة عظيمة تتفق مع سرعة الصفيحة الرجافة ،بيد ان هذا التيار المتناوب اذا زادتواتره نقص تأثيره فالتيار المتناوب يميت اذا كان تواتره ٢٠٠٠ ، وينعدم تأثيره اذا جاز تواتره ١٥٠٠٠ فاذا مر تيار ذو تواتر عالي ، من جسم انسان يمسك بين اصبعيه قطبي مصباح كهربائي ، استنار المصباح بدون ان يشعر الشخص بمرور التيار .ويستفاد من هذه التيارات في الطب لمعالجة بعض الامراض . وينبغي لحصول الكزاز التام في الانسان والارنب ان يكون تواتر التنبيه اربعين مرة في الثانية والمقص كزاز مؤلم غير ارادي .

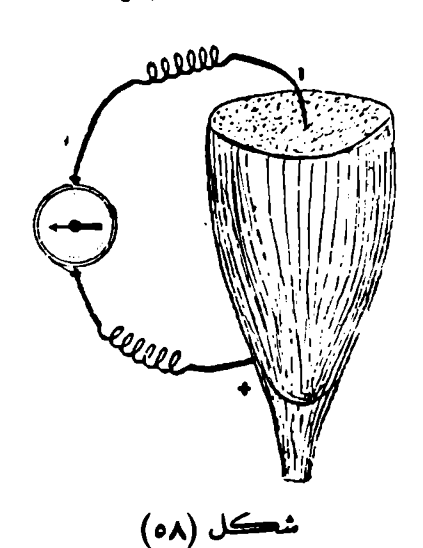
القدرة العضلية

بعد ان عرفنا مايتعلق بخواص العضلات وآلية عملها نسرد الآن النتائج التي تنشأ من التقلص العضلي اذ يلاحظ باستمرار ان كل تقلص عضلي يولد حرارة وعملا وقدرة كهربائية

الحرارة : تظهر الحرارة المنتشرة من العمل العضلي بوضوح عقب التمارين الرياضية . وترتفع درجة حرارة الجسم عامة درجة واحدة عقب ساعة من المشي السريع . كما يمكن ملاحظة سخونة الدم العائد من العضلات العاملة . وهنالك مقاييس حرارة حساسة تقدر السخونة التي تنتج عن تقلص العضلات . وللحرارة العضلية شأن في تنظيم حرارة الجسم .

العمل : تنتج العضلة بتقلصها قوة تحدث عملاً كأن ترفع ثقلا او تحرك عضواً اوتنقل حملاً . ويقدر العمل بجداء القوة في الانتقال . ويزداد العمل فيصبح اعظمياً حينما يكون تقلص العضلة على اشده . ويمكن تقدير القوة العضلية بمعرفة الثقل الذي يوازن جهد التقلص الاقصى .

القدرة الكهربائية : وهي ضئيلة ولكنها سهلة القياس اذ تبدي العضلة فرقاً في الطاقة بين سطحها وباطنها بقدر في حالةالراحة بـ٥٠ م. فولط ، لذا يمر تيار في مقياس غلفاني وصل احد سلكيه بسطح العضلة ووصل سلكه الآخر بمركزها . واذا تقلصت العضلة نقصت شدة التيار . ونضيف اخيراً ان الاعضاء المضيئة في الاسماك الكهربائية هي عضلات فقدت القدرة على التقلص واحتفظت بقابلية التنبه وتوليد الطاقة الكهربائية التي تكون كبيرة في بعض الأحيان كما في السمك الرعاد .



شكل (٥٨)

منابع القدرة : حين تعمل العضلة يتسع

شريانها ويزيد مقـدار الدم الوارد اليها فيصبح اكبر بخمس مرات مما يرد اليهـا في حالة الراحة . كما ان ما تمتصه العضلة العاملة من مولد الحموضة خلال زمن معين اكثر بعشرين مرة مما تمتصه وهي في الراحة ، وهكذا نستنتج ان منبع القدرة العضليةهواحتراق الاغذية التي يحملها الدم الى العضلة . وتستهلك العضلة مولد السكر الذي تحصل عليه من ثلاثة انواع من الاغذية : مائيات الفحم (السكريات) ، والدسم ، والمواد الآزوتية الآحية .

— فتستهلك العضلة بصورة خاصة مائيات الفحم فيلاحظ نقصان كمية سكر العنب في الدم الذي يخرج من العضلة . كما يلاحظ نقصان مدخرات العضلة من مولد السكر بعـد تقلصها . فالسكريات هي غذاء العضلات المفضل .

— عند نفاذ السكريات تستهلك المواد الدهنية وفي هذه الحالة يهزل الجسم لتنـاقص مدخراته الشحمية ، ولذا يجب ان يحتوي غذاء العمال على كمية عظمى من مائيـات الفحم وكمية من الدسم تفيد في انتاج الطاقة .

- وحين فقدان المواد المذكورة تستهلك المواد الآحية لكن هذه المواد ليست منبعاً جيداً للقدرة العضلية .

التبدلات الكيميائية في التقلص العضلي

يحدث في العضلة حين التقلص تبدلات كيميائية هامة هي اصل نتـاج القدرة والحرارة والفضلات .

اذ تدخر العضلات في فترات راحتها كميات من مولد السكر الذي يحمله اليهـا الدم . ثم تتناقص هذه الكمية بعد العمل العضلي ، مما دعا الى القول بأن مولد السكر يخضع الى فعل إماهة يتحول بعده الى سكر عنب ، ثم يحترق هذا السكر منتجاً غاز الكربون والماء والقدرة . والواقع ان الحادثات الحقيقية هي اشد تعقيداً من ذلك . وقد دلت عليها بعض الوقائع التجريبية :

١ — اذ عرف ان الحرارة الناجمة عن التقلص تنتشر في فترتين ، ٢ — وانه يمكن

للعضلة ان تتقلص في جو من الآزوت وبدون وجود الاكسجين ، ٣ — وان استمرار العضلة في عمل طويل يفقدها قابلية التقلص وتتعب ، لكنها اذا تركت مرتاحة في الهواء استعادت قدرتها على التقلص من جديد .

ولتفسير هذه الوقائع تميز في كل نفضة عضلية دورين رئيسيين : دور التقلص الذي يتم بدون اشتراك الاكسجين ويسمى بالدور اللاهوائي ، ودور الاسترخاء الذي يتدخل فيه الاكسجين ويسمى بالدور الهوائي .

آ ـ **دور التقلص ـ اللاهوائي** : العضلة الآن في حالة راحة ويرد اليها الدم حاملاً الغذاء فتدخره ، ومن مدخراته الرئيسية حمض الادة نيل الفسفوري ، والفسفاجين ومولد سكر العنب . فاذا نبهنا العضلة يتحلل جزء من المدخرات على الوجه الآتي :

حمض الادة نيل الفسفوري ← حمض الادة نيل + حمض الفسفور + قدرة (١)

وتلك هي القدرة الوظيفية اللازمة لاحداث التقلص العضلي ، فتتقلص العضلة . وفي نفس الوقت يتم تفكك آخر :

فسفاجين ← حمض فسفور + كرياتين + قدرة (٢)

فيستخدم جزء من هذه القدرة في اعادة التفاعل الاول جزئياً في اتجاه معاكس . ويبقى قسم من القدرة الناشئة عن هذين التفاعلين فتنتشر بشكل حرارة ضئيلة .

ب ـ **دور الاسترخاء ـ الهوائي** : حين تسترخي العضلة يرد اليها الاكسجين مع الدم فتحترق به جزءاً من مولد سكر العنب حسب التفاعل التالي :

مولد سكر العنب + اكسجين ← غازالكربون+ماء+قدرة (٣)

وتفيد هذه القدرة في اعادة التفاعل الثاني جزئياً في اتجاه معاكس . وينتشر قسم منها بشكل حرارة .

والنتيجة انه تعود الى العضلة معظم مدخراتها وينقص مولد سكر العنب فحسب فالعضلة هي محول للقدرة .

واذا حرمت العضلات من مولد الحموضة فترة من الزمن ، يتحول جزء من مولد

سكر العنب الى حمض اللبن وفق التفاعل التالي :

مولد سكر العنب ← حمض لبن + قدرة (٤)

ومتى وصلت نسبة حمض اللبن الى $\frac{٣}{١٠٠٠}$ تفقد العضلة قابلية التقلص وتصبح في حالة تعب . لكن بجدد وصول الاكسجين بعدذلك فيحرق جزءاً من حمض اللبن ($\frac{١}{٦}$ كميته) فتنتشر قدرة كافية لاعادة التفاعل (٤) في اتجاه معاكس .

اننا اليوم لانعتبر تشكل حمض اللبن نتيجة طبيعية للتقلص العضلي ، بل هو نتيجة مقاومة للاختناق حين نحرم الخلايا من الاكسجين موقتاً ، واخيراً فالعضلات لاتشبه تماماً محركاً حرارياً وقوده الاغذية ، لان مردودها $\frac{١}{٤}$ بينما لايزيد مردود الماكنة البخارية على $\frac{١}{١٠}$ ، ذلك لان العضلة تحول القدرة الكيميائية الكامنة في الاغذية الى عمل آلي مباشر بينما يحدث في المحرك الحراري تحويل القدرة الكيميائية الى حرارية ثم الى عمل .

التعب العضلي : هو نتيجة تراكم الفضلات في العضلة مثل حمض اللبن وغاز الفحم وحمض الفسفور وعناصر اخرى .. ولو حقن دم حيوان تعب في حيوان مستريح لاحدث فيه تعباً . وفي حالات العمل المعتدل يسوق الدم معه الفضلات التي يحترق معظمها بفضل مولد الحموضة الموجود في الدم ويطرح الباقي مع العرق او مع البول ، لكن العمل العضلي المرهق يؤدي الى التعب وهو في حالة مؤلمة ترافقها حمى وارق ... وينقلب التعب اذا زاد الى حالة دعث عام واجهاد وارهاق قد يفضي الى الموت ، لذا كانت لحوم الحيوانات التي صيدت بعد مطاردة طويلة ، سامة .

العناية بالعضلات : ان الجهاز العضلي هو احد عوامل جمال الجسم وتناسقه، ففي الانسجام التام يكمن الجمال الحقيقي ، وللحصول على هذا الانسجام يجب العناية بتربية الاجسام ، بحيث نسمح لسائر العضلات بالنمو ، ولا ندع بعضها ينمو على حساب البعض الآخر، وذلك باجراء التمارين الرياضية التي تمنح كل قسم من العضلات نصيبه من المران والنمو .

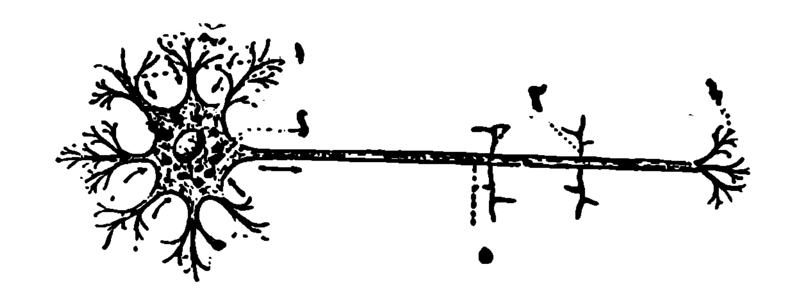
الجملة العصبية

تنسق الجملة العصبية وظائف الاجهزة المختلفة في البدن وتجعله على صلة مستمرة بالمحيط الخارجي فأجهزة الاستقبال تنبه الاحساسات حيث تسوقها الاقسام العصبية الى مراكز خاصة يتم فيها ادراكها وتسجيلها ثم تعود بالاوامر الى الاعضاء المكلفة بالاجابة.

١ — **النسيج العصبي :** يتألف النسيج العصبي من خلايا وأليـاف عصبية . حيث تقوم الخلايا بالالتقاط او الارسال وتقوم الالياف بمهمة سوق الاحساسات والاوامر .

أ — **الخلية العصبية :** وتمتاز بكونها خلية ذات نواة ضخمة وهيولى غنية بالمصورات الحيوية وفيها حبيبات خاصة تدعى جسيمات نيسل تظهر في الراحـة وتختفي حين العمل ، مما دعا بعضهم الى اعتبارها مدخرات غذائية . وفي الهيولى مادة متجانسة تسبح فيها ليفات متداخلة . ويبرز من الخلية استطالات هيولية متعددة تجعلها مفصصة او نجميـــة وهناك استطالة واحدة متميزة تدعى المحور الاسطواني ، ترسل اغصاناً جانبية وتنتهي بتفصنـات ليفية . وتسمى الخلية بحسب شكل استطالاتها الهيولية كثيرة الاقطاب او ذات القطبـين او وحيدة القطب .

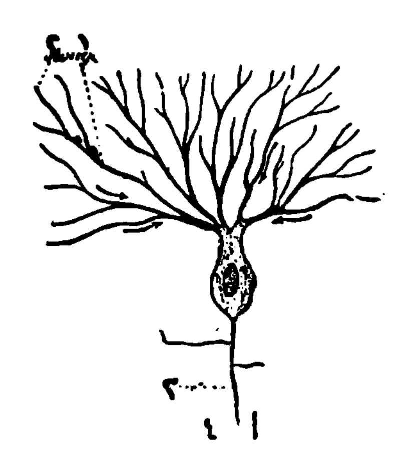
والخلية العصبية لاتنقسم ولا تتكاثر .

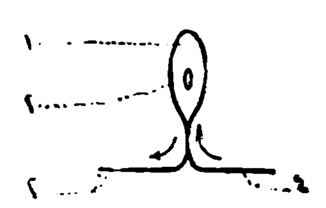


شكل (٨٦)

١ـ استطالات هيولية ٢ـ جسيمات نيسل ٣ـ فروع جانبية

٤ـ تفصنات انتهائية ٥ ـ محور اسطواني





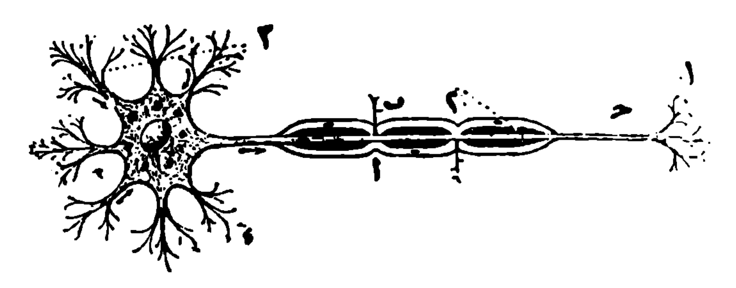
شكل (٨٨) خلية عصبية ذات قطبين
١ و ٢ ـ استطالات هيولية
٣ـ محور اسطواني ٤ـ فرع جانبي

شكل (٨٧)
خلية عصبية بشكل T ذات قطب واحد
١ـ هيولى ٢ـ نواة ٣ـ محوراسطواني
٤ـ استطالة هيولية

ب ـ **الليف العصبي** : يتألف من المحور الاسطواني للخلية وهو محاط بغمد شحمي يسمى غمد النخاعين له لون صدفي ابيض ويكون متقطعا حول المحور الاسطواني ويحاط بغمد آخر هو غمد شوان يرصع وجهه الباطن عدد من النوى المحاطة بهيولى .

ويبقى الليف محتفظاً بغمديه حتى يصل الى احد المراكز او احد الاعضاء حيث يتجرد من غمديه ويبقى محوره الاسطواني فقط .

وهناك الياف عصبية مجردة من غمد النخاعين كألياف الاعصاب الودية وعصب الشم .



شكل (٨٩) وحدة عصبية « عصبون »
آ ـ ليف عصبي ب ـ غصن جانبي د ـ خلية عصبية
١ ـ تغصنات انتهائية ٢ ـ غمد النخاعين ٣ ـ استطالات هيولية

ح ــ العصبون : وهو خلية عصبية كاملة مع ليفها . ويسمى لذلك الوحدة العصبية . فتقوم الخلية بدور مغذ تجاه الليف العصبي الصادر عنهـا ولو قطع الليف لطرأ على جزئه المفصول عن الخلية تبدلات تدريجية تنتهي بموت المحور الاسطواني وزوال غمد النخاعين ولا يبقى سوى غمد شوان . بينما يبقى الليف المتصل بالخلية حياً فينمو ويطول .

ويتنبه العصبون بالمنبهات الآلية والكيميائية والفيزيائية .

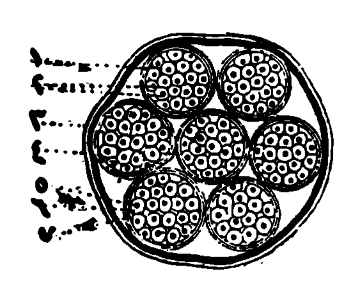
د ــ اجتماع العناصر العصبية : تنشأ عن اجتماع العناصر العصبية في البدن كتل تسمى عقداً حين تتكون على مسير عصب ما كالعقد الشوكية والعقـــد الودية . اما اذا استبطنت جوفاً عظمياً كونت ما يسمى بالمركز العصبي كالدماغ والنخـاع الشوكي اللذين يتكون كل منهما من مادتين متميزتين .

١ ــ مادة بيضاء مكونة من الياف عصبية لها غمد نخاعيني وقد جرد معظمهـــا من غمد شوان .

٢ ــ مادة سنجابية مكونة من خلايا عصبية لها استطالات هيولية ومحاور اسطوانيـة ولا تكتسب هذه المحاور غمدها النخاعيني الا اذا وصلت الى المادة البيضاء .

تكون المادة البيضاء محيطية في النخاع والبصلة ومركزية في المخيخ والمخ . بينما تكون المادة السنجابيه في مركز البصلة والنخاع وفي قشرة المخيخ والمخ .

هـ ــ الاعصاب : يتألف من اجتماع الالياف العصبية حزماً تكون حبالاً مختلفـة الحجم تسمى الاعصاب ويشتمل العصب على عدد من الحزم لكل حزمة غمد خاص ويحيط بالجميع غمد العصب الذي تكثر فيـــه الاوعيـة الدموية المغذية .



شكل (٩٠) مقطع عرضي في عصب
١ـ حزمة الياف عصبية ٢ـ الياف عصبية
٣ـ غشاء العصب ٤ـ شحم ٥ ـ محور اسطواني ٦ ـ نخاعين ٧ ـ غمد هائلة

اذا خربنـا الاعضاء العصبية الرئيسية في ضفدع مثلاً كالدماغ والنخاع الشوكي ، نرى

الضفدع يتراخى جسمه وينعزل عن التأثيرات الخارجية التي لم يعد ينأثر بها ، فلم يعد يبتلع الذبابة التي تحط بالقرب من فمه مثلاً ، كما نشاهد، اذا فتحنا قفصه الصدري ان قلبه يواصل ضرباته بانتظام ولا تزال الدورة الدموية تستمر في جريانها ، كما نشاهد ايضاً ان كل عضو من اعضاء جسم الضفدع يواصل عمله ، فترة من الزمن ، ويعمل كأنه منعزلا عن الاعضاء الاخرى لاعلاقة له فيها .

دراسة اقسام الجملة العصبية

يمكن قصد السهولة أن نميز أقسام الجملة العصبية وفق المخطط التالي :

- الجملة العصبية
  - تسيطر على وظائف الاتصال: جملة دماغية شوكية
    - مراكز عصبية: المحور الدماغي الشوكي
      - النخاع الشوكي
      - الدماغ: البصلة المخيخ مضيق الدماغ المخ
    - اعصاب محيطية
      - صادرة عن النخاع شوكية
      - صادرة عن الدماغ قحفية
  - تسيطر على وظائف التغذية: جملة إعاشية
    - جملة ودية
    - جملة قرب ودية

ولنعلم أن هذا التقسيم شكلي فقط إذ أن الارتباط واضح وجلي بين الجملة الاعاشية والجملة الدماغية الشوكية كما تسير الاولى بعض وظائف الاتصال وتسيطر الثانية على بعض وظائف التغذية .

فيتضح لنا من هذه المشاهدات ان الجملة العصبية تعمل على سيطرة علاقات الجسم مع الوسط المحيط به ، ويقال انها تسيطر على وظائف الاتصال . كما تنظم نشاط اعضاء التغذية وتنسق العلاقات بينها ، ويقال انها تسيطر على وظائف التغذية .

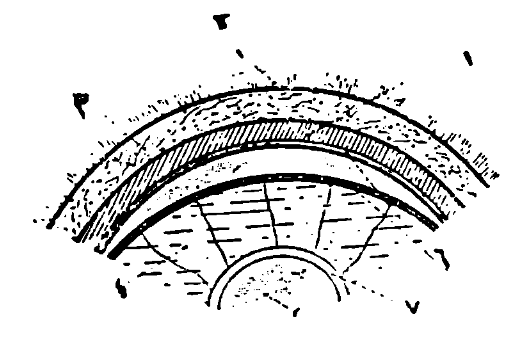
١ ـ الجملة الدماغية الشوكية

وتشتمل على مراكز عصبية تشكل المحور الدماغي الشوكي واعضاء محيطية هي الاعصاب الشوكية والقحفية .

ويسكن المحور الدماغي الشوكي في اجواف عظمية متينة . ويفصل الكتلة العصبية عن العظم اغذية ضامة تدعى السحايا .

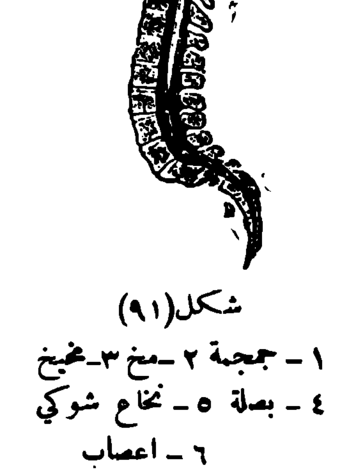
ـ فيلي العظم مباشرة غشاء ليفي قاس ثخين يسمى الام الجافية .

ـ يليه الغشاء العنكبوتي وهو ضام قليل الاوعية ينطبق من جهة على الام الجافية ويندمر كزياً نحو الام وهذا الغشاء مفصول عن الام الحنون بفراغ تحت



شكل(٩٢) السحايا

١ ـ الأم الجافية ٢ ـ الجدار العظمي ٣ ـ اوعية دموية وشحم
٤ ـ السائل الدماغي الشوكي ٥ ـ المحور الدماغي الشوكي
٦ ـ العنكبولية ٧ ـ الأم الحنون



شكل(٩١)

١ ـ جمجمة ٢ ـ مخ ٣ ـ مخيخ
٤ ـ بصلة ٥ ـ نخاع شوكي
٦ ـ اعصاب

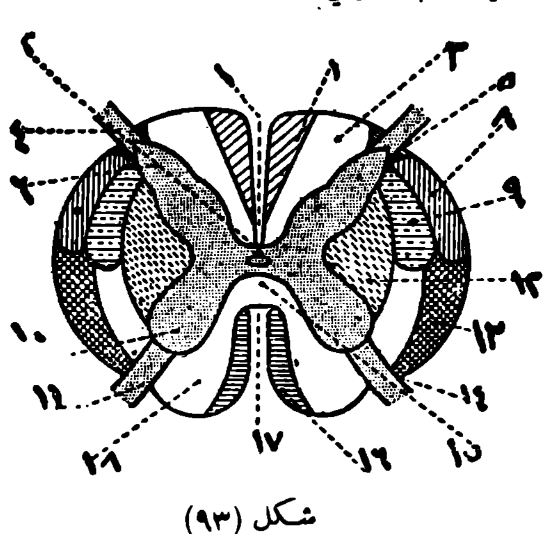
عنكبوتي يملؤه سائل يدعى السائل الدماغي يمنع انضغاط المادة العصبية .

ـ ويلتصق بالمركز العصبي غشاء ضام رقيق غني بالاوعية الدموية يسمى الام الحنون يقوم بتغذية المراكز العصبية .

أ ــ النخاع الشوكي : حبل أبيض اسطواني طوله ٥٠سم وقطره ١ سم يمتد في القناة الفقرية وينتهي عند الفقرة القطنية الثانية برباط ضام يدعى الخيط الانتهائي .ويبدي انتفاخاً رقبياً وانتفاخاً قطنياً . ويصدر عنه واحد وثلاثون زوجاً من الاعصاب الشوكية ينشأ كل منها من جذر أمامي وجذر خلفي يمر بعقدة شوكية وتخرج الاعصاب الشوكية من ثقوب الانضمام بين الفقرات وتتجمع الاعصاب الاخيرة محاذية الخيط الانتهائي ومكونة ما يشبه ذيل الفرس .

بنيته : لنصنع قطعاً عرضياً في النخاع الشوكي فنلاحظ فيه ثلماً خلفياً ضيقاً وعميقاً وزوجين من الاثلام الجانبية كما نلاحظ المادة السنجابية في المركز على شكل X في مركزها قناة السيساء .

وتتألف هذه المادة من عصبونات حسية صغيرة في الخلف ترسل محاورها الاسطوانية الى الجانبين لتشترك في تكوين المادة البيضاء ، وعصبونات محركة ضخمة في الامام ترسل محاورها الاسطوانية لتشكل الجذر الامامي للعصب الشوكي .



شكل (٩٣)

١ ــ ٣ حزمتان حسيتان
٢ ــ قناة السيساء
٤ ــ ٥ جدران خلفيان
٦ - ثلم خلفي
٧ ــ قرن خلفي
٨ ــ حزمة مخيخية حسية
٩ ــ حزمة هرمية متصالبة
١٠ ــ قرن امامي
١١ ــ جذر امامي
١٣ ــ حزمة مخيخية
١٦ ــ حزمة هرمية محركة
١٧ ــ ثلم امامي
١٨ ــ حزمة امامية

أما المادة البيضاء فتكون في المحيط وتتألف من الياف عصبية لتشكل ثلاثة أزواج من الحبال : خلفيين وجانبيين وأماميين وتنقل الحبال الخلفية الحس باتجاه صاعد من المحيط

نحو المخ ، بينما تنقل الحبال الامامية أوامر الحركة باتجاه هابط من المخ نحو المحيط . وفي الحبال الجانبية حزم حسية صاعدة وحزم محركة نازلة .

ولنعلم ان سائر أقسام النخاع الشوكي مربوط بعضها ببعض في اليمين واليسار وفي السطوح المختلفة الارتفاع بواسطة الالياف المشتركة .

وظائف النخاع الشوكي :يعتبر النخاع بمادته البيضاء طريقاً للنقل ،وبمادته السنجابية مركزاً عصبياً .

١ — **وظيفة النقل** : ينقل النخاع الشوكي التنبيهات الحسية المحيطية من الاعضاء اللاقطة حتى الدماغ وقد دلت تجارب قطع أجزاء من المادة البيضاء ، أن الحبلين الخلفيين ، ينقلان الاحساسات اللمسية . وان الحبال الجانبية تنقل في حزمها الحسية الاحساسات الحرارية والمؤلمة .

وينقل النخاع الشوكي الاوامر الحركية التي تصدرها حلايا الدماغ ، وذلك في الحبال الامامية ، وفي الحزم المحركة من الحبال الجانبية .

٢ — **النخاع مركز عصبي** :يتمتع النخاع الشوكي بالقدرة الانعكاسية وهي الخاصة التي تمكن المركز العصبي من تحويل التنبيهات الحسية الواردة اليه الى تنبيهات محركة ،تحويلاً مباشراً بدون توسط الارادة ، ويسمى الفعل الناتج بالفعل المنعكس وهو يتصف بأنه عمل لا ارادي ولا شعوري .فاذا خربنا دماغ ضفدعة تاركين البصلة والنخاع سليمين وغطسنا احد اطرافها في ماء محمض بحمض الكبريت نلاحظ ان الضفدع تقلص طرفها فجأة فندعو هذا التقلص الذي حدث مستقلاً عن الارادة عملاً انعكاسياً .

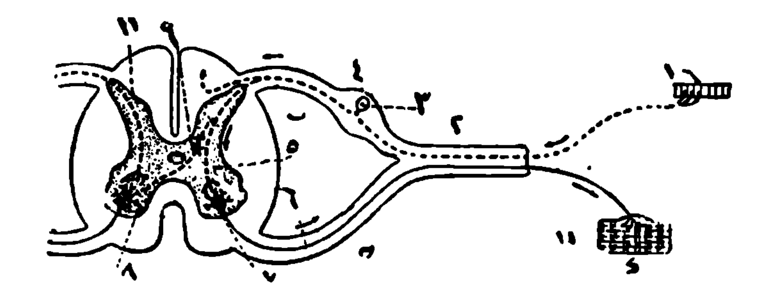
عناصر الفعل المنعكس : يتم الفعل المنعكس بتوفر العناصر التالية :

١ — نهايات عصبية حساسة لاقطة تتوضع في الجلد وتتلقى التنبيه المحيطي .

٢ — ليف عصبي حسي ينقل التنبيه الى خلية حسية تقع في العقدة الشوكية فترسله هذه الى باطن النخاع .

٣ — خلية محركة في المادة السنجابية تتلقى التنبيه وتصدر امر الحركة .

٤ — ليف عصبي محرك ينقل الامر الى الالياف العضلية بالتقلص .



شكل (٩٤) ترسيم يبين الفعل المنعكس

١ - الجلد ٢ - عصب شوكي ٣ - خلية بشكل T ٤ - عصبون ٥ - عصبون ٥ - مادةسنجابية ٦ - مادة بيضاء ٧ - عصبون محرك ٨ - قرن امامي ٩ - عصبون مشترك ١٠ - قرن خلفي ١١ - نسيج عضلي

وتسمى الدارة على هذا الشكل بقوس الانعكاس ونرى انها تتضمن خليتين عصبيتين (حسية ومحركة) وليفين عصبيين (حسي ومحرك) :

قوانين الانعكاس : ينبغي لحدوث الفعل المنعكس أن لا تقل شدة المنبه عن حد أدنى معين يدعى العتبة وفي هذه الحالة يتقلص الطرف المنبه وحده . فاذا زدنا شدة المنبه قليلاً قليلاً وبالتدريج نلاحظ تقلص الطرف المنبه ونظيره معاً ، ثم تقلص الاطراف الاربعة ، ثم تقلص عضلات الجسم كلها ويفسر هذا بوجود العصبونات المشتركة التي تنقل التنبيه الى المناطق المختلفة من النخاع الشوكي مما يزيد عدد العصبونات المحركة التي يصلها التنبيه .

ولنعلم أننا حين ننبه منطقة حساسة فأول جواب منعكس يصدر عن العضلات المجاورة لمنطقة التنبيه ، كما ان المنبهات التي دون العتبة تحدث بتواليها وتكرارها جواباً معيناً .

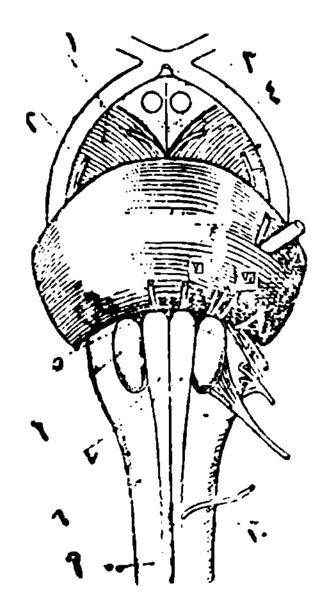
وأخيراً فالفعل المنعكس بالرغم من كونه آلياً لكنه موجه يهدف الى الابتعاد عن المنبه ، فالضفدع تبعد طرفها عن الحامض والنائم يسحب يده بعيداً عن ابرة وخزته .

أهم المنعكسات النخاعية : يمثل الفعل المنعكس الناحية الابتدائية من الاعمال العصبية ، فيبرز في الحيوانات الدنيا بكثرة بينما نجد في الانسان أن المخ يخفف وطأة المنعكسات خاصة حين اليقظة وذلك بتعديل شدتها .ومن أشهر مراكز الانعكاس في النخاع : مركز المشي اللاشعوري ، ومركز تسريع حركات القلب ، والمنعكس

الحاقي ، والمنعكس الداغصي ، ومركز افراز العرق ومركز تقلصات المثـــانة والشرج بالاضافة الى جملة انعكاسات وترية وجلدية .

ما ينجم عن التلف النخاعي : يحدث تخريب النخاع الشوكي خدراً (فقدان الحس) وشللاً (فقدان الحركة) وضموراً في العضلات وهبوطاً في ضغط الدم وانخفاضاً في درجة الحرارة . واسترخاء المصرات كما يؤدي الى سلس البول والغائط وتتحسن هذه الاعراض بنشاط الجملة الاعاشية التي تنمو فيزيد شأنها وتعوض بعض الشيء عن النخاع الشوكي .

ب ـ **الدماغ** : هو مجموع المراكز العصبية الساكنة في صندوق الجمجمة . وتزن ١٣٦٠ غرام . ويشتمل الدماغ على عدد من المنـــاطق المختلفة النمو . فمن الاسفل الى الاعلى نميز : البصلة السيسائية والمخيخ ،ومضيق الدماغ والمخ وهو اكبرها وتحتوي هذه المراكز جميعاً على اجواف تدعى البطينات متصلة ببعضها وتعتبر امتداداً للقناة السيسائية التي تمر في مركز النخاع الشوكي .



ج ـ **البصلة السيسائية**

تعريفها : هي القسم الذي يصل النخاع الشوكي ببقية اقسام الدماغ ، وهي قطعة بيضاء متـممة ، شكلها هرمي قاعدتها في العالي ويبلغ طول البصلة ٣٫٥ سم وتزن بضعة غرامات يسكن قسم منها في جوف القحف ويمتد قسمها الآخر في القناة الفقرية .

وصفها : من الامام تتكون من هرمين أماميين بينهما ثلم ضيق ويعلوهما قنطرة بيضاء تدعى الحدبة الحلقية .

شكل (٩٥)

١ـ ساق مخية	٢ ـ عصب بصري
٣ـ تصالب العصب البصري	٤ـ النخامية
٥ـ حفيرة	٦ـ زيتونة
٧ـ هرمان اماميان	٨ـ حبل جانبي
٩ ـ ثلم امامي	١٠ ـ تصالب الاهرامات

(الارقام الرومانية تدل على منشأ الاعصاب القحفية)

من الخلف : تتكون من هرمين خلفيين متباعدين بينهما انفراج على شكل معين يدعى البطين الرابع يغطيه المخيخ ويمتد في منتصفه ثم يدعى ساق قلم الكتابة ينشأ من نقطة انفراج الهرمين بنقطة تدعى نقطة الحياة .

من الجانب :هنالك برزنان واحدة في كل جانب تكونتا من انضغاط الاقسام الجانبية بتباعد الهرمين الخلفيين .

بنيتها : تتألف من مادة سنجابية باطنة على شكل كتل تدعى النوى السنجابية وهي حسية في الخلف وحركية في الامام (كما في النخاع) وتنشأ منها الازواج السبعة الاخيرة من الاعصاب القحفية .

اما المادة البيضاء فمحيطية وتتألف من امتداد الحبال التي ذكرناها في النخاع الشوكي حيث يطرأ على حزمها تصالبات مختلفة .

وظائفها : تعتبر البصلة بمادتها البيضاء طريقاً للنقل وبمادتها السنجابية مركزاً عصبياً.

١ - وظيفة النقل : تصل التنبيهات الحسية الآتية من النخاع الشوكي الى البصلة فتمررها نحو الاقسام العليا من الدماغ .

كما تصل التنبيهات المحركة الآتية من اقسام الدماغ العليا الى البصلة فتمررها نحو النخاع الشوكي .

٢ — البصلة مركز عصبي : في البصلة مراكز هامة للافعال الانعكاسية، فهي تنظم سير الاعمال في أجهزة التغذية ، والحيوان يعيش اذا قطعت سائر مراكزه العصبية ماعدا البصلة . اما اصابة البصلة فتؤدي الى اختلال وظـــائف التغذية . وقد تفضي الى الموت بحسب المنطقة المصابة .

اهم المنعكسات البصلية : في البصلة مركز التنفس . ويقع في قاع البطين الرابع في عقدة الحياة وهو يتنبه بصورة طبيعية بواسطة غاز الكربون الوارد مع الدم الذي يروي البصلة.

وان ضربة قوية على نقرة الارنب لتؤدي الى موته حالا . وفيها مركز وقف حركات القلب ويؤدي تنبيهه الى وقوف القلب في زمن الارتخاء .

ومركز الافراز : وهو ينظم ١ – وظيفة الكبد السكرية واصابته تؤدي الى ظهور السكر في البول .

٢ – ومركز البول الذي تؤدي اصابته الى زيادة كمية البول المفرزة ، والى ظهور الآحين في البول .

٣ – ومركز حركات البلع ، والسعال ، والمضغ ، وافراز اللعاب .

اقسام مضيق الدماغ ووظائفها

تعريف : تطلق كلمة مضيق الدماغ على كتلة دماغية تجمع بين البصله والمخيخ من جهة والمخ من جهة أخرى . وتشمل على اقسام عصبية تقع في الوجه السفلي من الدماغ وأقسام اخرى في الوجه العلوي.

ففي الوجه السفلي نجد :

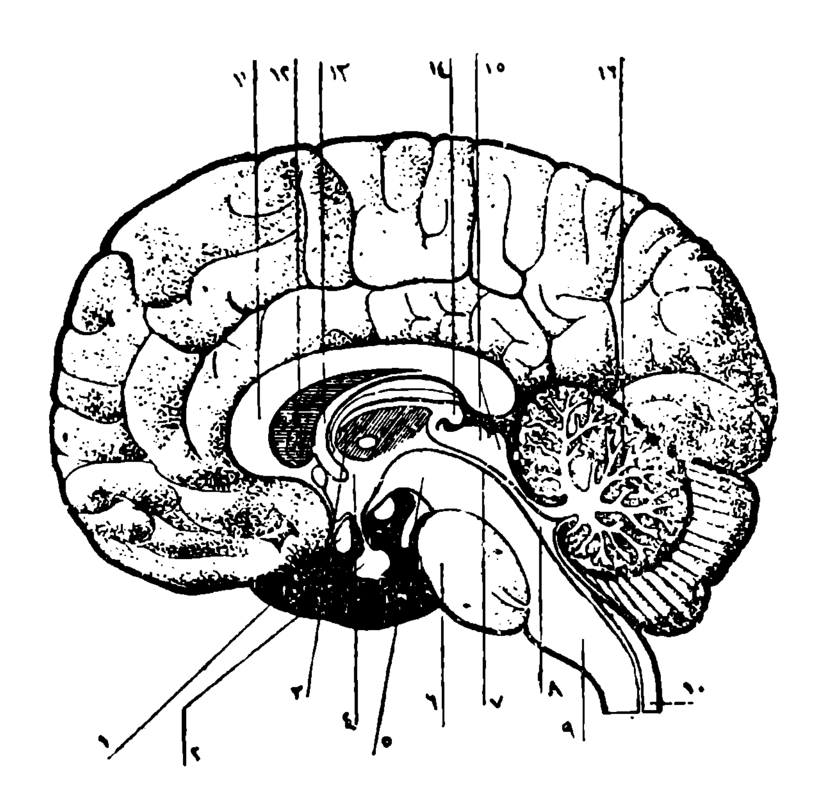
١ - الحدبة الحلقية : وتقع فوق البصلة ، لونها ابيض ، مادتها السنجابية مركزية تنشا عنها بعض الاعصاب القحفية . وتقوم مادتها البيضاء بوظيفة نقل ، كما يظن ان في مادتها السنجابية مراكز عصبية خاصة لها علاقة بالانفعالات والهيجانات النفسية .

٢ – الساقان المخيتان : وهما بشكل حبلين ضخمين من المادة البيضاء يصلان الحدبة الحلقية بالمخ . وهما طرق الحس الصاعد والحركة النازلة .

٣ – الغدة النخامية : وتقع في الوجه السفلي من المخ ، تمتلي سرج العظم الوتدي ، ويعتبر لها فص خلفي عصبي وفص أمامي غدي يصل بينها فص متوسط . وهي من الغدد الصم (سنذكر وظائفها في حينه) .

وفي الوجه العلوي نجد :

١ ـ **الحديبات التوأمية الاربع** : وهي أربع بزات تقع امام المخيخ وتتوضع اثنتان اماميتان واثنتان خلفيتان أصغر من الاماميتين ، ولون الحديبات ابيض ومادتها السنجابية مركزية . وتعتبر مرحلة تمر فيها سائر الاحساسات البصرية لذا يحدث تخريبها عمى . ولها دور في التنسيق والتوازن ، وتسبب آفات الحدبتين الخلفيتين صمماً بيناً.



شكل(٩٧)

مقطع طولي في وسط دماغ الانسان

١ ـ التصالب البصري ٢ـ الغدة النخامية ٣ـ السرير ان البصريان ٤ـ البطين الثالث ٦ـ الساقان المخيتان ٧ ـ ممر سيلفيوس ٨ـ البطين الرابع ٩ـ الحدبة الخلفية ١٠ ـ قناة السيساء ١١ ـ الجسم السفني ١٢ـ البطينان الاول والثاني ١٣ـ مثلث المخ ١٤ الغدة الصنوبرية ١٥ ـ الحديبات التوأمية الاربع ١٦ـ المخيخ

٢ **الغدة الصنوبرية**: جسم مفرد بيضوي الشكل يقع في انخفاض بين الحدبتين التوأميتين

الاماميتين ، ليس فيه الياف او خلايا خاصة به ، وفيه اجواف . وهي من الغدد الصم .

٣ السريران البصريان : كتلتان عصبيتان تقعان أمام الحدبات التوأمية . ويعتبران مرحلة تمر فيها الالياف الحسية الصاعدة الى قشرة المخ كما يعتبران مركزين عصبيين لبعض المنعكسات النفسية كالضحك والبكاء والالم ، وتتجلى هذه الحـــالات بحركات عفوية تصدر اوامرها منها كتبدل نظم التنفس ، ونظم القلب ، وافراز الدموع وتقلصات المثانة ، بيد أن المخ تأثير ناه في هذه الوظيفة :

٤ ـ الجسمان المخططان : كتلتان عصبيتان تقعان امام السريرين البصريين والى الوحشي منها قليلا ، لونها ضارب للحمرة ، ويعتبران مرحلة تمر فيها الحزم المحركة النازلة ومراكز عصبية ذات شأن في التحريك اذ تحدث آفاتها في المشـي والوقوف والتكلم والبلع ، وزيادة في المقوية والتقلصات العضلية .

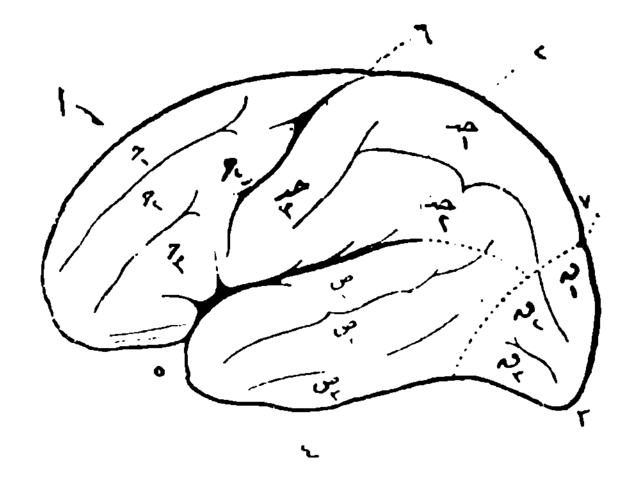
د ـ المخ :

تعريفه : هو أضخم قسم من أقسام الدماغ يمتد من مقدمة القحف الى مؤخرته حتى يغطي قسما من المخيخ . لونه سنجابي ويزن ١١٦٠ غ تقريباً.

وصفه : يقسم المخ على الخط المتوسط شق أمامي خلفي عميق ، فيتألف المخ هكذا من نصفي كرتين مخيتين يتسع سطحاهما اتساعاً كبيراً بوجود تلافيف سنجابيـة وتفصل هذه التلافيف عن بعضها شقوق اهمها : شق سيلفيوس وشق رولاندو ، والشق المهازي (القائم) فيقسم كل نصف كرة مخية الى اربعة فصوص : جبهي ، وقفوي ، وصدغي ، وجداري .

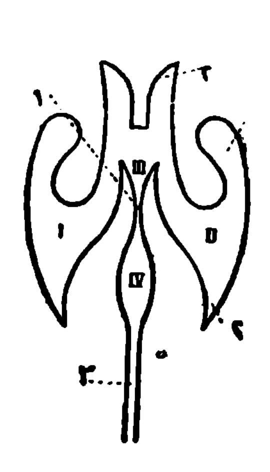
ويفصل نصفا كرتي المخ بجسرين من المادة البيضاء متطبقين يسمى اعلاهما الجسم الثفني ويسمى السفلي مثلث المخ .

البطينات : يشاهد في وسط كل نصف كرة مخية جوف يدعى البطين الجانبي سقفه من الجسم الثفني ويحده في الاسفل الجسم المخطط اماماً والسرير البصري خلفاً ويتصل البطينان الجانبيان بواسطة (فرجة مونرو) مع البطين الثالث الذي يقع بين السريرين البصريين ، ويتصل البطين الثالث بقناة سيلفيوس التي تجتاز مضيق الدماغ الى البطين الرابع في البصلة .



شكل (٩٨)

١ - الفص الجبهي ٢ - الفص الجداري ٣ - الفص القفوي ٤ - الفص الصدغي ٥ - شق رولاندو ٧ - الشق القائم (المهازي)

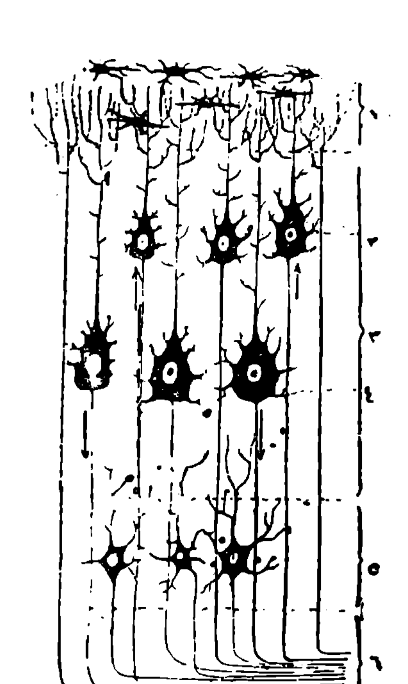


شكل (٩٩)

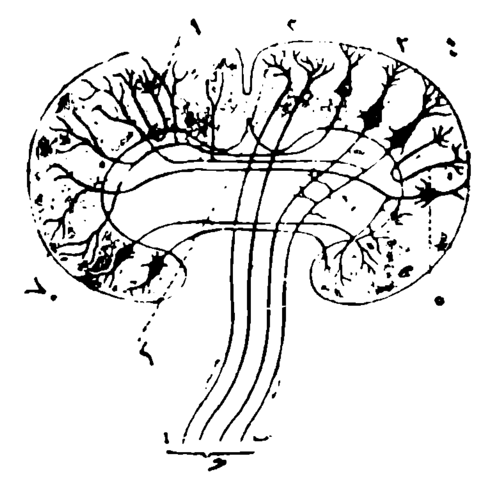
ترسيم يبين الصلة بين الاجواف الدماغية الشوكية ١ - قناة سيلفيوس ٢ - قرن جبهي وقرن قفوي في البطين الجانبي ٣ - قناة السيساء . الاعداد الرومانية I و II بطينان جانبيان III بطين ثالث IV بطين رابع

بنيته : يتألف من مادة سنجابية في المحيط تكون قشرة المخ وتتألف ١ - من خلايا حسية سطحية ، ٢ - خلايا محركة عميقة ، ٣ - خلايا كثيرة الاشكال في اعماق القشرة ، ٤ - خلايا مشركة تصل بين مختلف تلك الخلايا ، أما المادة البيضاء فتكون باطنية وتتألف من : ١ - الياف مشركة قصيرة تصل مختلف مناطق نصف الكرة نفسه ، ٢ - الياف

التقائية تمر بالجسم الثفني ومثلث المخ فتصل النواحي المتناظرة من نصفي الكرتين ، ٣- الياف ارتسامية بعضها حسي صاعد وبعضها محرك نازل، وهي تصل المخ بالاقسام السفلى وبالعكس .



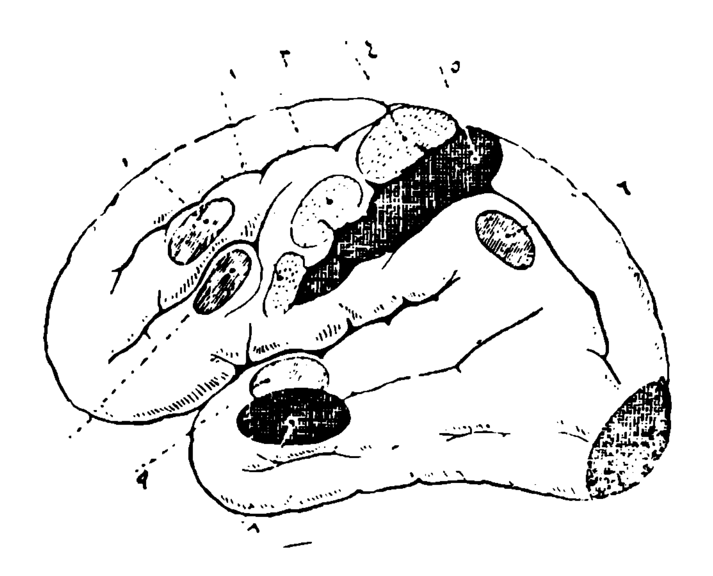
شكل (١٠٠) بنية قشرة الدماغ
١-عصبونات مشركة محيطية ٢-خلايا هرمية صغيرة ٣-طبقة الخلايا الهرمية ٤-خلايا هرمية كبيرة ٥-عصبونات ذات محور اسطواني نازل ٦- طبقة الخلايا مختلفة الاشكال



شكل (١٠١) الياف المادة البيضاء في المخ
أ- الياف حسية صاعدة ب- الياف محركة نازلة ج- الياف ارتسامية (الاكليل المتشعشع) ١،٥- ليف مشرك ٢- الياف التقائية ٣،٤- خلايا هرمية ٨- الجسم الثفني ٧- نصف كرة مخية

وظائفه : المخ مقر الفكر والارادة والذكاء والانتباه والذاكرة والشعور والحس والحركة . ويعتقد أن في القشرة السنجابية للمخ مراكز خاصة لكل وظيفة حسية أو حركية تدعى المراكز الارتسامية . فالفص الجبهي مصدر الحركات الارادية جميعاً ، وفي الفص الجداري مركز حس اللمس . وفي الفص القفوي مركز الرؤية ، ويشغل مركز السمع الفص الصدغي . ويظن أن مراكز الشم والذوق تقع أمام مركز السمع .

ولا تشغل المراكز السابقة سوى ثلث مساحة القشرة السنجابية بينما يشغل الثلثين



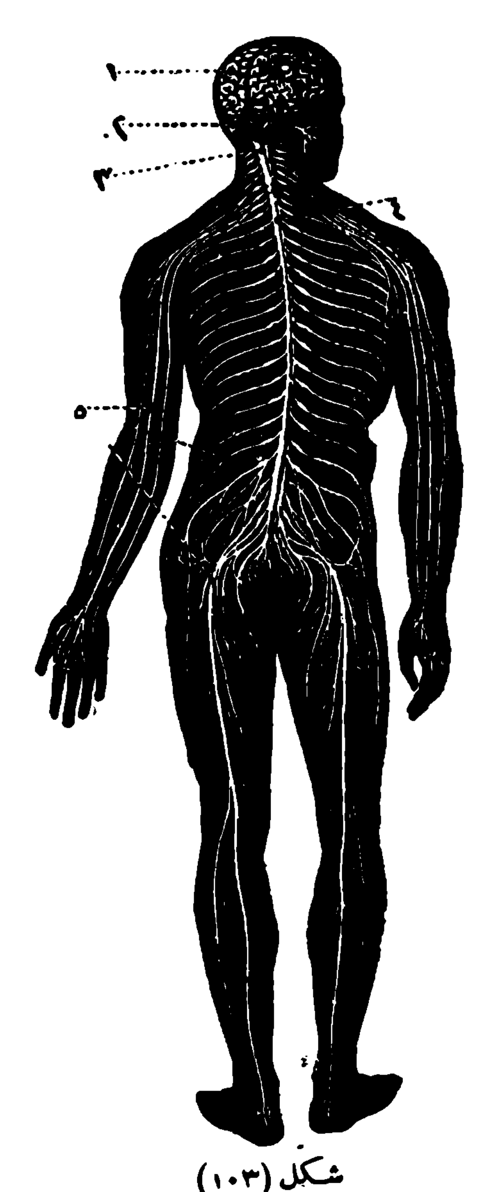
شكل (١٠٢)
١- مركز الكتابة ٢ مركز حركات الوجه واللسان في الايمن ٣ - مركز حركات الطرف العلوي الايمن ٤ - مركز حركات الطرف السفلي الايمن ٥ مركز اللمس ٦ مركز معنى الكلمات المكتوبة ٧ - مركز الرؤية ٨ مركز السمع ٩ - مركز معنى الكلمات المسموعة ١٠ - مركز التكلم

الباقيين مراكز مشتركة متصلة مع بعضها ومع المراكز الارتسامية . ويظن أنها المراكز المفكرة التي تسيطر على الفكر والذكاء والارادة وتشرف كذلك على عمـــل المراكز الارتسامية فتنظمه . وقـد ميز منهـا : ١ — مركز مشترك أمامي جبهي يتصف بكونه معدل للانعكاسات الشركية وإن آفة تصيب هذا المركز تقلب طباع الانسان فيصبح شرساً لا يضبط نفسه أو يكبح عواطفه ، ٢ مركز مشترك خلفي يمتـد بين الفص الجداري والقفوي لوحظ نموه في بعض العباقرة .

الاعصاب الدماغية الشوكية

تنتشر في الجسم شبكة من الاعصاب التي تنشأ من المراكز العصبية كالدماغ والنخاع

الشوكي لتحمل الى هذه المراكز ما تتلقاه من تنبيهات محيطية ولتحمل الى العضلات اوامر بالحركة والى الغدد امراً بالافراز. ونميز بين الاعصاب الشوكية والاعصاب القحفية.



شكل (١٠٣)

١ــ الاعصاب الشوكية: تصدر عن النخاع الشوكي وعددها ٣١ زوجاً ينشأ كل منها من جذر خلفي حسي يمر بعقدة شوكية ومن جذر امامي محرك فيشكل بمجموعها عصباً شوكياً مختلطاً وينقسم كل عصب بعد خروجه من ثقب الانضمام الى فرعين فرع ظهري وآخر بطني. فتسير الفروع الظهرية مفردة. بينما تجتمع الفروع البطنية بشكل ضفائر. وتنقل هذه الاعصاب الحس والحركة من والى مختلف انحاء الجسم المحيطية ولها بعض الفروع الممتدة الى الاحشاء.

٢ــ الاعصاب القحفية: تصدر عن الدماغ وعددها ١٢ زوجاً وتخرج من ثقوب خاصة في قاعدة الجمجمة، وقد علمنا ان الازواج السبعة الاخيرة منها تنشأ من البصلة. ومن هذه الاعصاب ما يختص بنقل الحس (الشمي والبصري والسمعي) ومنها ما يختص بنقل الحركة) الوجهي، الاشنباقي، تحت اللساني الكبير، المحرك المشترك العيني، المحرك العيني الوحشي، الشوكي) ويرسل

بعض هذه الاعصاب المحركة فروعاً الى الغدد (ليف حبل الطبل المتفرع عن الوجهي) .
وأخيراً هنالك أعصاب تنقل الحس والحركة معاً فتسمى مختلطة (الرئوي المعدي، البلعومي اللساني ، مثلث التوائم) .

وظائفها تتصف الاعصاب بخاصتين اساسيتين هما التنبه والنقل .

آ — قابلية التنبه :

هي الخاصة التي تدفع العصب الى العمل متى أثر فيه منبه خارجي او داخلي ويعتبر التيار الكهربائي احسن المنبهات ، ولا تجيب العضلة على تنبيه العصب الا اذا كانت تغيرات شدة التيار فجائية ، فلا يحدث تقلص العضلة الا عند فتح الدارة الكهربائية او اغلاقها اي عندما تتغير شدة التيار فجأة بين الصفر والامبير الواحد مثلاً . ويشترط لكي يكون التنبيه مجدياً ان تتوفر في التيار المستعمل الامور التالية :

١ — عتبة التنبيه :

لا يتنبه العصب المحرك لعضلة الضفدع الا اذا بلغت شدة التيار حداً معيناً يسمى عتبة التنبيه ، فاذا استعملنا تيار وشيعة تحريض لاحظنا انعدام تأثير هذا التيار عندما تكون المسافة الفاصلة بين الوشيعة الاولية والوشيعة الثانية كبيرة لدرجة تكون معها شدة تيار التحريض الناتج ضعيفة جداً .

ويظهر تأثير التيار بعد تقريب الوشيعتين من بعضها الى حد معين ، وتكون شدة تيار التحريض عند فتح الدارة اكبر من شدته عند اغلاقها . فالتنبه بالتيار الكهربائي اذن لا يكون مجدياً الا اذا بلغت شدة هذا التيار عتبة التنبه التي تسمى الرئوباز .

٢ — الزمن المجدي :

يفقد التيار الكهربائي تأثيره المنبه اذا نقص زمن مروره عن حد معين يسمى الزمن المجدي ولو كانت شدة هذا التيار تفوق الرئوباز . ويتناسب هذا الزمن المجدي عكساً مع شدة التيار .

ويتضح من هذا ان قابلية التنبيه يمكن ان تقاس حسب احد المبدأين التاليين :

آ — تعيين الشدة اللازمة لاحداث التنبيه خلال زمن غير محدود .

ب ـ تعيين الزمن المجدي بالنسبة لتيار ذي شدة معلومة .

وقد اختار العالم لابيك المبدأ الثاني ووضع وحدة اساسية لمقارنةقابلية التنبيه فيمختلف النسج الحية اطلق عليها اسم الكروناكسيا وتعرف الكروناكسيا بانها اقصر مدة يستطيع خلالها تيار شدته ضعف الرئوباز احداث التنبيه ، وهي تقاس بمشار الثانية ($\frac{١}{١٠٠٠}$ ثانية) .

وتتراوح قيمة كروناكسيا مختلف الاعصاب المحركة في جسم الانسان بين ٠،٠٠٨ـــ ٠،٠٧ من معشار الثانية وهي تتأثر بعوامل عديدة فهي تزداد بتأثير البرد والاختناق وتنقص بتأثير الحرارة وبعض المواد الكيميائية كالستركنين .

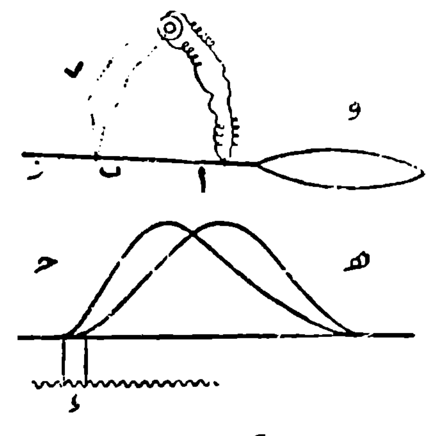
ويلاحظ في الاحوال العادية توافق في الكروناكسيا بين العضلات واعصابها المحركة، وقد اعتبر البعض هذا التوافق شرطاً ضرورياً لانتقال السيالة العصبية من العصب الى العضلة .

ب ـــ الناقلية :

عندما ننبه ليفاً عصبياً ينتشر التنبيه الى كافة اجزاءه ثم الى ليف عصبي آخر ونسمي ما انتشر في الليف العصبي السيالة العصبية . وتتأثر ناقلية الليف العصبي بكثير من العوامل كالبرودة والحرارة المرتفعة والمخدرات فينعدم مرور السيالة فيه .

وتقاس سرعة السيالة العصبية بسهولة بعد حساب تفاضل الزمن الضائع في تقلصين عضليين حدثا بعد تنبيهين كهربائيين لعصب العضلة المحرك وبعدحساب المسافة الفاصلة بين نقطتي التنبيه .

وتختلف هذه السرعة باختلاف



شكل (١٠٤)

آ . ب ـ وضع المنبه . ج . ه ـ النفضة العضلية د ـ مخطط الرنانة (التوقيت) و ـ عضلة الضفدع ز ـ العصب .

المصبونات فهي تتناسب عكساً مع كرونا كسيا المصبون، كما انها تزداد بارتفاع درجة الحرارة فتتضاعف تقريباً مقابل ازدياد قدره عشر درجات مئوية وتختلف سرعة السيالة العصبية ايضاً باختلاف الانواع الحيوانية فهي تبلغ في الضفادع ٣٠ متراً ثانية وفي الرخويات ٠,٥ متر ثانية بينما تتراوح في الثدييات بين ٣٠ — ١٢٥ متراً ثانية .

ويعتقد البعض ان السيالة العصبية ذات طبيعة كهربائية اذا امكن اثبات مرور تيار كهربائي في الليف العصبي اثناء تنبيهه ذلك بواسطة مقياس غلفاني حساس ، وقد حسبت سرعة هذا التيار الذي سمي تيار العمل فوجدت مماثلة لسرعة السيالة العصبية . ويقال أن هذا التيار ناشيء من انفراغ الشحنات الكهربائية الموجودة في كل من سطح العصب الخارجي واقسامه الداخلية .

وتنتقل السيالة العصبية في الاحوال الفيزيولوجية العادية باتجاه واحد هو: من استطالات الخلية العصبية الى المحور الاسطواني الا انها تنتقل تجريبياً في الاتجاهين ، وربما كان الاتصال بين المصبونين المتتاليين هو الذي يعين جهة انتقال السيالة .

انتقال السيالة العصبية من عنصر لآخر :

عندما نبهنا عصب الضفدع انتقلت السيالة العصبية الى عضلاتها فتقلصت ، وقد وضعت في تفسير انتقال السيالة نظريات مختلفة نذكر منها :

النظرية الفيزيائية :

يعتقد لابيك ان السيالة عندما تصل الى نهاية المصبون تنبه المصبون التالي او الليف العضلي . وقد وضع كما ذكرنا شرطاً لانتقال السيالة هو ترافق الكروناكسيا ، كما انه بين ان مادة الكورار تنقص كروناكسيا العضلات دون ان تؤثر على كروناكسيا الاعصاب فتسبب تخالفاً في الكروناكسيا بينها يمنع مرور السيالة العصبية .

٢ — النظرية الكيماوية :

اذا عزلنا قلبي ضفدعين دون أن تنزع اعصابها وامررنا سائل ارواء فيزيولوجي مغذي من القلب الاول الى القلب الثاني ثم نبهنا العصب المبهم (الرئوي المعدي) للقلب الاول تنبيهاً مكرراً ابطأ هذا ضرباته وبعد لحظة تبعه الثاني فابطأ ضرباته ايضاً ويبدو أن تأثير

التنبيه قد انتقل الى القلب بواسطة سائل الارواء . وقد ثبت فيما بعد ان تنبيه الياف العصب المبهم يؤدي الى انطلاق مادة كيماوية خاصة من نهايات هذه الالياف تؤثر على الياف العضلة القلبية فتؤدي الى ابطاء حركاتها وهي التي انتقلت بواسطة سائل الارواء فأثرت على القلب الثاني . فانتقال السيالة العصبية اذن الى الالياف العضلية يتم بواسطة وسيط كيميائي أثبتت التحريات انه الاستيل كولين .

تتخرب مادة الاستيل كولين في النسج بسرعة لوجود خميرة خاصة بها هي الكولين استراز وهذا يفسر تأثيرها الموضعي والقصير الامد وقد وجد بالمقابل ان تنبيه الاعصاب الودية يؤدي أيضاً الى انطلاق مادة اخرى سميت الودين هي مادة تشبه الادرينالين وظيفياً وكيميائياً وتعاكس الاستيل كولين بالتأثير فتسرع ضربات القلب . وهي تتخرب ايضاً بسرعة بتأثير الاكسدة .

٢ — الجملة العصبية الاعاشية

تعريف : تسيطر هذه الجملة على وظائف التغذية من هضم وامتصاص ودوران وتنفس واطراح . تتوزع في الاحشاء والغدد والاوعية الدموية .

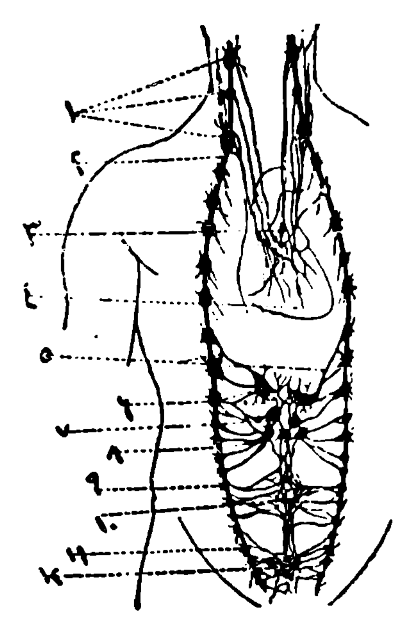
اقسامها : تتألف الجملة الاعاشية من قسمين . الجملة الودية والجملة نظيرة الودية . ولنعلم منذ الآن أن هذه الجملة لا تملك مراكز عصبية خاصة قادرة على الاستقبال أو الاصدار . فالمراكز العصبية التي تستقبل الحس وتأمر بالحركة أو الافراز تكون مستنبطة لنواحي معينة من البصلة والنخاع الشوكي .

١ — الجملة الودية : وتتكون من عقد ودية تصطف سلسلتين على جانبي العمود الفقري عدد كل منها ٢٣ عقدة . وتتألف العقدة من خلايا عصبية تصدر عنها مجموعة من الالياف المجردة من النخاعين ، فتشكل الاعصاب الودية التي تتوزع بشكل ضفائر في الاحشاء المجاورة ، ويكرر ان العقد الودية ليست مراكز عصبية وانما هي مرحلة في طريق السيالة .

اما الاعصاب الودية فتنقسم الى اربع مجموعات :

آ - **المجموعة الرقبية** : ١ - ترسل اليافاً تعصب أوعية الرأس وتوسع حدقة العين .

٢ - واليافاً تشترك مع اغصان الرئوي المعدي فتكون ضفيرة قلبية ترسل اغصانها الى الاذينتين والبطينين .



شكل (١٠٥)

١ - عقد رقبية ، ٢ - عقد ظهرية ٣ - ضفيرة قلبية ، ٤ - قلب ، ٥ - العصبان الحشويان الكبيران ، ٦ - العقدتان الهلاليتان ، ٧ - الضفيرة الشمسية ، ٨ - العصب الحشوي الصغير ، ٩ - العقد القطنية ١٠ - الضفيرة المساريقية ، ١١ - العقد العجزية ، ١٢ - الضفيرة الخثلية .

ب - **المجموعة الصدرية** : ١ - ترسل اليافاً تتوزع في القصبات والوتين وشرايين الصدر والمخ ...

٢ - واليافاً تجتمع بشكل عصب يسمى العصب الحشوي الكبير الذي يتوزع في البطن وينتهي فوق المعدة بعقدة هلالية .

٣ - واليافاً تكون العصب الحشوي الصغير الذي يرسل بعض اغصانه الى العصب السابق ويشكل مع الياف الرئوي المعدي ضفيرة شمسية ، تتوزع في الحجاب الحاجز والمعدة والكبد والطحال والمثانة والكليتين .

جـ - **المجموعة البطنية** : تكون ضفيرة مساريقية تعصب المساريقا والامعاء والكليتين .

د - **المجموعة العجزية** : تكون ضفيرة خثلية تقع الى جانب المستقيم والمثانة فتعصب احشاء تلك الناحية .

٢ - الجملة قرب الودية : تتألف من خيوط عصبية نشأ بعضها من الدماغ وبعضها من النخاع الشوكي كما نشأ قسم من اليافها من الاعصاب الودية وسميت كذلك لانها تتوزع كالجملة الاولى وتكون دوماً الى جوارها .

وظائف الجملة الاعاشية : تسيطر بقسميها كما اسلفنا على وظائف التغذية فتعصبان الغدد والعضلات الملس في الاوعية الدموية وانبوب الهضم ، وتسيطران على التنفس

والدوران . وعملها لا ارادي وتقسم اعصابها الى ثلاثة انواع : حسية ، محركة ، مفرزة .

آ - **الاعصاب الحسية** : وهي تنقل التنبيهات الحسية من الأعضاء المحيطية الى المراكز، وهي احساسات مبهمة لا شعورية (كملامسة الطعام مخاطية المعدة) .

ب **الاعصاب المحركة** : وهي تحدث الحركات اللاارادية ونميز فيها :

١ - الالياف المسرعة ، والالياف المبطئة . ولنعلم ان كافة الاعصاب الودية مبطئة لحركات الاحشاء عدا ما اتصل بالقلب منها فهو مسرع له ، على عكس الياف الجملة قرب الودية ؛ ففي القلب يكون الودي مسرعاً (الضفيرة القلبية) وقرب الودي مبطئاً (الرئوي المعدي) وفي الامعاء يكون الودي مبطئاً وقرب الودي مسرعاً .

٢ - الألياف المضيقة والألياف الموسعة : فالألياف الودية تقوم بتقليص الالياف العضلية الدائرية في جدران الاوعية الدموية فتضيق لمتها أما الاليـاف قرب الودية فعملها يقتصر على نهي وتعديل عمل الاولى دون أن تؤثر مباشرة على الاليـاف العضلية ، فتوسع قطر الوعاء عمل منفعل ينتج من توقف عمل الألياف الودية .

وهكذا تنظم هذه الاعصاب كميات الدم الواردة الى الاعضاء بحسب حاجتها . وتسيطر على تنظيم الحرارة الحيوانية .

جـ - **الاعصاب المفرزة** : تؤثر مباشرة في الخلايا الغدية فتحضهـا على الافراز بغض النظر عن كمية الدم الواردة اليها .

واخيراً فعمل الجملة الودية معاكس دوماً لعمل الجملة قرب الودية .

الجملة العصبية في الفقاريات

ان الغاية من دراسة التشريح المقارن هي الوصول الى ايجاد صلة عائلية تربط بين جماعات الكائنات الحية المختلفة من جهة وارجاعها كلها الى منشأ مشترك .

وقد ادت دراسة الاشكال المتعضية التي انفردت بمرور الزمن واصبحت مستحاثات الى مفهوم واضح يربط بين جميع صفوف الحيوانات والنباتات وتقتصر دراستنـــا الآن على تطور عضو واحد في صفوف الحيوانات الفقارية ونختاره الدماغ .

دراسة مقارنة لدماغ الفقاريات

أ — في عديمات الفكوك

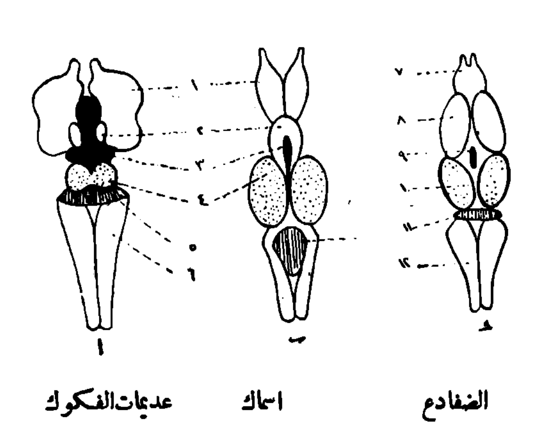
يتألف الدماغ في عديمات الفكوك (أو مستديرات الفم) من خمسة حويصلات دماغية كائنة في مستوى واحد .

١ — **الدماغ الامامي** : ويشتمل في الناحية الظهرية على نصفي [illegible] جداً لا يتميزان بوضوح ، والقبة فيها (وتسمى الرداء) ليست من طبيعة [illegible] تتألف من نسيج بشري ، يغطي جسمين مخططين يصعب تمييزهما .

ويمتد نصف الكرة المخية الى الامام بفصين شميين ضخمين جداً ، يرتبطان بعضو حسي مفرد هو الكيس الشمي .

٢ — **الدماغ الوسط** : ويتميز فيه السريران البصريان ، وفي الوجه الظهري الغدة الصنوبرية ، وفي الوجه البطني الغدة النخامية ، والاعصاب البصرية .

وتنمو الغدة الصنوبرية مشكلة عيناً صنوبرية تحت الجلد ،وفي المستوى المتوسط للرأس ولكنها ليست وظيفية .



شكل (١٠٦)

١و٧ - فص شمي
٢ - مخ خلفي
٣و٩ - غدة صنوبرية
٤و١٠ - حدبتان توأمتان
٥و١١ - مخيخ
١٢و٦ - بصلة
٨ - نصف كرة مخية

عديمات الفكوك اسماك الضفادع

٣ — **الدماغ المتوسط** : يبدي حدبتين توأمتين لا تتميزان بوضوح .

٤ — **الدماغ الخلفي** : يكون شريطاً عرضياً صغيراً يمثل الشكل الابتدائي للمخيخ.

٥ — **ما وراء الدماغ** : ويشكل البصلة السيسائية ،وهي ضخمة جداً ، وتمتبراهم الحويصلات الدماغية .

٢ - في الاسماك

يبقى دماغ الاسماك صغيراً نسبياً ، ولا يشغل جوف القحف بكامله ، وهو يبدي الصفات التالية :

١ - نصفا الكرة المخية صغيران ولا ينفصلان عن بعضهما بصورة كاملة . وليست قبتها الارداء بشرياً في الاسماك العظمية ، ولكنها تشتمل على عصبونات في الاسماك الغضروفية، وتغطي جسمين مخططين . واما الفصان الشميان فناميان جداً .

٢ - الحدبتان التوأمتان متميزتان بصورة جيدة ، وتتفوقان بضخامتها على بقية أقسام الدماغ .

٣ - للبصلة أهمية كبيرة ، بينما تختلف أهمية المخيخ ، فهو غير نام الا في الاسماك الغضروفية التي تستطيع بفضله أن تقوم بحركات سريعة واسعة .

٣ - في البرمائيات (الضفادع)

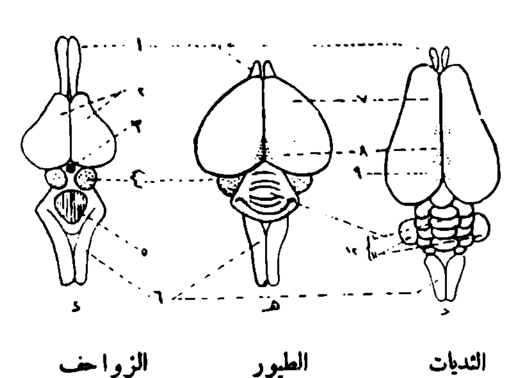
يشغل دماغ الضفادع جوف القحف بكامله . ويتألف نصفا الكرة المخية بكاملها من نسيج عصبي ، وينفصلان تماماً أحدهما عن الآخر . وهما أكثر نمواً من بقية الحويصلات الدماغية ، ويمتدان الى الأمام بفصين شميين يتحدان قليلاً أو كثيراً فيما بينها .

وتتبدل أهمية الغدة الصنوبرية : فهي صغيرة في الضفادع المذنبة « Urodéles » إلا أنها تبدو بوضوح في الضفادع العديمة الذنب « Anoures » التي تظهر في شراغيفها بداءة للعين الصنوبرية .

والحدبتان التوأمتان ضخمتان دوماً في عديمة الذنب . وتبديان برزتين صغيرتين ، هما بداءتان لشفع ثان من الحدبات .

أما المخيخ فهو صغير جداً، ويبدو بشكل صفيحة شاقولية رقيقة عرضية . والبصلة دائماً لها أهمية كبيرة .

شكل (١٠٧)
١ - فصوص شمية
٢و٧ - انصاف كرة مخية
٣ - غدة صنوبرية
٤ - حدبتان تؤأمتان
٥ - مخيخ
٦ - بصلة
٨ - مثلث المخ
٩ - جسم لفي
١٠ - و١١و١٢ - مخيخ



٤ — في الزواحف

يتميز دماغ الزواحف بالصفات المميزة التالية :

١ نصفا الكرة المخية منفصلان تماماً ، وهما أكثر نمواً من بقية الحويصلات الدماغية وعلى الاخص اكبر من الحدبتين التوأمتين ، وتأخذان بالامتداد فوق الدماغ الوسط ، وتغطيانه قسمياً .

واما الفصان الشميان فهما اقل نمواً منهما في الصفوف السابقة . ويتألف الرداء العصبي من قشرة سنجابية ومادة بيضاء داخلية .

شكل (١٠٨)
تشكل العين والصنبورية

وتكون العلاقة بين نصفي الكرة المخية أوضح مما هي عليه في الضفادع ، لنمو أول جسر من المادة البيضاء وهو مثلث الدماغ .

٢ -- وفي سوية الدماغ الوسط تبدي الغدة الصنوبرية نمواً مختلفاً في هذا الصف .
ففي الهاتيريا Hatteria تتصل الغدة الصنوبرية بواسطة عصب صنوبري مع عين صنوبرية تسكن في الثقب الجداري الكائن بين العظمين الجداريين في قبة القحف . إلا أن هذه العين تبقى مختبئة تحت الجلد ، وليست وظيفية .

وفي العظاية العينية Lézard ocellé تكون العين الصنوبرية أقل اكتمالاً ، أما في الزواحف الأخرى ، فتبقى صغيرة ، وليس لها علاقة بالعصب الصنوبري .

٣ الحدبتان التوأمتان أقل ضخامة منها في الضفادع . وتبديان شقماً حدبياً ثانياً في بعض الأنواع .

٤ — يبدي المخيخ جميع مراحل النمو ، منذ كونه صفيحة رقيقة في الضب ،حتى يصبح عضواً ضخماً ، مؤلفاً من ثلاثة فصوص في التمساح .

٥ — وتبقى البصلة محتفظة بأهميتها دائماً .

٥ً — في الطيور

ينمو نصفا الكرة المخية والمخيخ في الطيور ، ويبلغان نمواً ملحوظاً . ولنصف الكرة المخية قشرة سنجابية رقيقة ملساء ، والفصان الشميان صغيران جداً ، وبالعكس فالجسمان المخططان ناميان جداً ، ويشغلان جوف البطينين الجانبين بكامله . ولا يوجد جسم ثفني ، انما يرتبط نصفا الكرة المخية ببعضها بواسطة مثلث الدماغ فقط . واما الحدبتان التوأمتان منها مرتميتان على الجانبين .

وأما المخيخ فهو جيد النمو ، ويتألف من فص دودي ضخم ، فقط ،عليه أثلام عرضية وتبدو في مقطعه الطولي ، شجرة حياة بسيطة . وعلى الجانبين انتفــاخان صغيران يمثلان نصفي الكرة المخيخية . ولا أثر للحدبة الحلقية في الطيور .

٦ — الثدييات

يتميز دماغ الثدييات بالمميزات التالية :

١ - يبدو فيه الانعطاف القحفي بوضوح .

٢ — يضخم نصفي الكرة المخية وينموان لدرجة كبيرة ويغطيــان ، نحو الوراء ، بقية اقسام الدماغ ما عدا المخيخ . ويبلغ المخ اقصى حدود امتداده في الانسان ، فيغطي المخيخ ايضاً . ويبقى سطح نصف الكرة المخية املس (في الثدييات ملس الدماغ) كما في الارنب . او يبدي بعض التلافيف المخية (في تمرجات الدماغ) كما في الخروف والانسان . وتكون قشرة المخ السنجابية أثخن واكثر اتساعاً منها في الطيور . ويظهر بالاضافة الى مثلث الدماغ ملتصق ابيض ثانٍ هو الجسم الثفني الذي يحقق اتصال نصفي الكرة المخية .

٣ — يضمر الجهاز الصنوبري ، ويصبح غدة صنوبرية .

٤ — تتشكل اربع حدبات توأمية ، حدبتان اماميتان ، وحدبتان خلفيتان .

٥ ـ يضخم المخيخ ، ويتألف من فص دودي ونصفي كرة مخيخية ، ويبدي فيه مقطع المادة البيضاء شكلاً كثير التغصن ، اطلق عليه اسم شجرة الحياة . والمادة السنجابية كثيرة التعاريج تشكل على سطح المخيخ عدداً كبيراً من التلافيف . ويتصل المخيخ اتصالاً وثيقاً بالمخ ، كما يتصل بالبصلة ، وبالحدبة الحلقية .

وبعد التدقيق في اشكال الادمغة المختلفة في عديمات الفكوك والاسماك والبرمائيات والزواحف والطيور والثدييات . فيمكنك ان تلاحظ اقسامها بدقة وتبرز مميزاتها .
وبعد دراسة ذلك نستنتج ما يلي :

آ ـ يتم تشكل وتعضي الدماغ وفق مخطط واحد في جميع الفقاريات :

١ ـ فالدماغ مبني وفق هندسة واحدة في جميع صفوف الفقاريات ، وهو يتألف دائماً من خمس حويصلات دماغية ، رغم التبدلات التي تطرأ على الحويصلات الابتدائية .
٢ ـ لا تتبدل الارتباطات بين الحويصلات الدماغية الخمسة مطلقاً ، بل يبقى وضعها ثابتاً . « فالعضو يتبدل غالباً » . فيضمر او يتلاشى ، دون ان يبدل مكانه .

٣ ـ ان الاعضاء المتشابهة ، هي الاعضاء التي يتبدلها من نمط لآخر ، تبقى لها نفس الوظيفة ، ونفس الارتباطات في مخطط التعضي التام .
مثال : فالحدبتان التوأمتان في الاسماك ، والحدبات التوأمية الاربعة في الانسان هي اعضاء متشابهة .

٤ ـ الاعضاء الصغيرة في نوع ما ؛ هي اعضاء ضامرة ومشابهة لاعضاء نامية جداً في الانواع الادنى تعضياً .
مثال : فالغدة الصنوبرية في الثدييات هي عضو ضامر يقابل عضواً واسع النمو في مستديرات الفم هو الجهاز الصنوبري .

ب ـ يبدي دماغ الفقاريات تعقدا يزداد تدريجياً من مستديرات الفم حتى الانسان :

ويشتمل هذا التعقد المتزايد على مايلي :

١ ــ تبدلات تدريجية ومعينة :

مثال ذلك : نمو نصف الكرة المخية والمخيخ .

ــ ضمور الجهاز الصنوبري والا صين الشميين .

ــ تعقد تدريجي في البنية ، كازدياد عدد العصبونات، وتكاثر الالياف المشركة التي تشرك بين نصفي الكرة المخيــة . وكذلك التي تشرك بين مختلف مناطق الدماغ .

٢ تبدلات ترتبط فيما بينها ، فهي متلازمة ولكنها تتم في اتجاه معاكس :

إذ تصغر مساحة المنطقة الشمية تدريجياً ، بينما تنمو المناطق الحسية والسمعية؛ وخاصة منطقة الرؤية .

٣ ــ تعقد وتخصص في وظيفة نصفي الكرة المخية التي يرافق نموها ؛ نمو الحس الشعوري ، والحركة الارادية والملكات العقلية .

جــ ان المميزات في ادمغة الفقاريات تشمل الحيوانات عامة لأن التشريح المقارن اظهر وجود تنظيم موحد في عالم الكائنات الحية ، ويرتكز هذا التنظيم على وجود مخطط موحد في بناء الكائنات الحية اذ انها كلها تتركب من خلايا ، فهي اذن ذات بنية خلوية ، كما ان اشكالها المتعضية تتدرج من البسيط الى المعقد اي انها تبدأ بكائنات بسيطة التركيب حتى تصل الى كائنات معقدة التركيب .

اضف الى ذلك ان النتائج التي حصلنا عليها بدراسة علم المستحاثات تعلمنا ان الاشكال المتعضية البسيطة التركيب قد نشأت قبل الاشكال المعقدة في تركيبها .

اعضاء الحس او الحواس

يطلق اسم اعضاء الحس او الحواس على زمرة من الاعضاء تجمع التنبهات التي توقعها على البدن عوامل الوسط الخارجي . وتلتقط هذه التنبيهات الاستطالات الهيولية الحساسة الصادرة عن العصبونات الحسية المحيطية ، وتسير التنبهات بواسطة الاعصاب الجابذة الى المخ . فالاساس اذن هو حالة الاحساس التي يحدثها التنبيه ،

واعضاء الحس خمسة : الجلد وهو عضو اللمس ، واللسان وهو عضو الذوق ، والانف وهو عضو الشم ، والعين وهي عضو الرؤية ، والاذن وهي عضو السمع .

وندرس منها حاستين اثنتين هامتين : حاسة اللمس ، وحاسة الرؤية .

الجلد وحاسة اللمس

نستطيع ان نقدر باللمس شكل الاجسام وسمتها وقوامها ووزنها وحرارتها . ومقر اللمس في الجلد .

الجلد

التجربة يقوم بها المدرس : فحص مقطع الجلد بالمجهر .

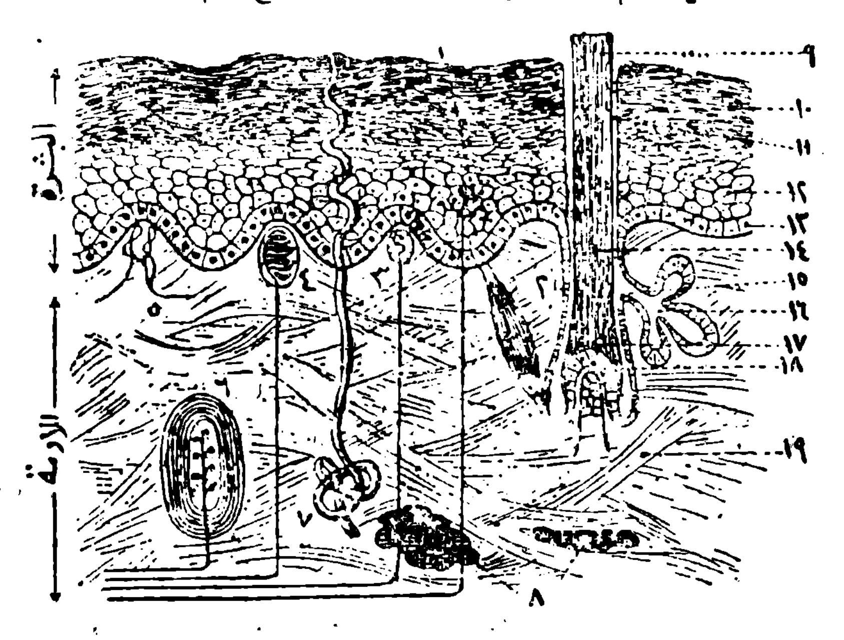
الجلد هو كساء الجسم ، ويختلف ثخنه باختلاف الاشخاص واختلاف نواح البدن ، فهو رقيق في الاجفان ثخين في راحة اليد واخمص القدم ، ويزيد ثخنه بتأثير العمل كما في ايدي العمال . ونلاحظ متى قطعنا الجلد قطعاً عرضياً انه مكون من طبقتين : البشرة والادمة

البشرة : هي القسم السطحي من الجلد وتتركب من خلايا بشرية مطبقة تنشأ من انقسام طبقة خلوية عميقة نشيطة جداً تدعى الطبقة المولدة القاعدية تغذيها اوعية دموية غزيرة تجري في الطبقة التي تحتها وترتشح فيها في الغالب موادصباغية تلونالجلد بلونه الخاص

وتتألف البشرة نفسها من طبقتين : طبقة عميقة تسمى **الطبقة المخاطية** او طبقة ملبيكي وطبقة سطحية تدعى **الطبقة المتقرنة** التي تحول بقدر المستطاع دون دخول الجراثيم الى

البدن ، وتتوسف (تتفلس) الطبقة القرنية دائماً وتتجدد من اعماقها باستمرار . واذا دققنا في سطح البشرة رأينا فيه خطوطاً وتلاماً ضيقة عديدة يختلف شكلها من شخص الى آخر ومن ناحية الى اخرى ؛ ويسمى ما كان منهـا في الاصابع البصمات الاصبعية ، وهي ذات شأن كبير في تعيين هوية الاشخاص .

الادمة : وهي القسم العميق من الجلد وتتألف من نسيج ضام فيـه الياف مرنة كبيرة



شكل (١٠٩) مقطع في الجلد

١ – نهايات عصبية مستبطنة للبشرة ٢ – عضلة ناصبة للشعرة ٣ – جسيم كرواس ٤ – جسيم مايستر ٥ – حليمة وعائية ٦ – جسيم باشيني ٧ – غدة عرقية ٨ – نسيج دهني ٩ – ساق الشعرة ١٠ – الطبقة المتقرنة ١١ – جواب الشعرة ١٢ – الطبقة الخاطية ١٣ – طبقة مالبيكي ١٤ – الشعرة ١٥ – جذر الشعرة ١٦ – غدة دهنية ١٧ – بصلة الشعرة ١٨ – حليمة الشعرة ١٩ – نسيج ضام

تعطى الجلد مرونته ، ويتألف قسمها العميق من نسيج ضام رخو يسهل انزلاق الجلد على ماتحته ، وتصادف في هذا النسيج الرخو خلايا دهنية كثيرة تتراكم في بعض الثدييـات المائية كالحيتان وفي بعض الثدييات المحرومة من الفراء كالخنازير ، فتكون طبقة دهنية كثيفة . وفي سطح الادمة عدد كبير من الحليمات بعضهـا وعائي يتألف من شبكة شعرية دموي يغذي الجلد ، وبعضها عصبي يتألف من اغصان عصبية وخلايا عصبية تقوم بنقل الحس وندرسها بعد قليل .

منتجات الجلد : تنشأ من الجلد الغدد العرقية والشعر والاظافر والغدد الدهنية والعضلات الناصبة للشعر والنهايات العصبية ، وندرسها كلاً على حدة .

١ ــ **الغدد العرقية** : وسيأتي الكلام عنها في بحث الافراز .

تجربة تبين وجود المسام يقوم بها المدرس .

٢ ــ **الاشعار** : للشعرة قسم بارز يسمى الساق ، وقسم مستبطن للجلد يدعى الجذر وقاعدة الجذر منتفخة تدعى البصلة ، تتقعر في وجهها السفلي فتحيط بكتلة وعائية عصبية تدعى حليمة الشعرة ، ويحيط بالبصلة غمد يدعى جراب الشعرة وتتألف الشعرة من خلايا متفرقة . وتميز فيها بشيرة (طبقة متفرقة) وقشرة ولب حي . وفي خلايا القشرة صباغات تعطي الشعر لونه . وقد تتسرب كريات بيض الى قشرة الشعرة فتهضم صباغاتها فتبيض الشعرة (كما في حيوانات المناطق الباردة وفي شعر الشيوخ الشيب) او قد تتلف الجراثيم بصلة الشعرة فتفضي الى سقوطها .

٣ ــ **الغدد الدهنية** : تتصل بكل شعرة غدة اوغدتان دهنيتان تفرزان مادة دهنية تدهن الشعرة فتجعلها ناعمة الملمس وكتيمة ، لاينفذ الماء منها . وفي الثدييات غدد دهنية كبيرة تفرز لبناً تسمى الغدد الثديية .

٤ ــ **العضلات الناصبة للاشعار** : هي عضلات صغيرة ترتكز من جهة على قاعدة الشعرة ومن جهة اخرى على البشرة ، فاذا تقلصت انتصبت الشعرة .

٥ ــ **الاظفار** : هي صفائح قرنية تستر النهاية الظهرية (العليا) للسلامي الاخيرة في الاصابع وتتألف من خلايا قرنية ولها قسم ناصع في قاعدتها ، يدعى الهليل تستره الحوية (الحاشية) الظفرية وينمو الظفر في منطقة الهليل . **قارن بين الطبقة المتقرنة (الاشعار والاظافر)مع ريش الطيور وحراشف الزواحف .**

٦ ــ **النهايات العصبية** : يحتوي الجلد على نهايات الاعصاب الحسية ونقسمها الى قسمين :

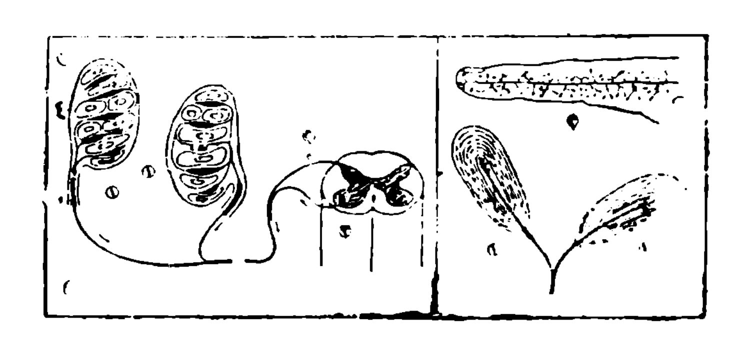
أ ــ نهايات مستبطنة للبشرة وهي نهايات عصبية متغصنة تتوزع في خـــلايا الطبقة المخاطية .

ب ــ الجسيمات اللمسية وهي على ثلاثة انواع :

١ ــ جسيمات كرواس : وهي صغيرة جداً ، تشتمل على محفظة . وتصادف في ملتحمة العين وفي حليمات اللسان الخيطية .

٢ ــ جسيمات مايسنر وهي اكبر من الاولى ، وتحيط بها محفظة فيهـا عدد من خلايا الاستناد . وينفذ الليف العصبي الى هذه الجسيمات وينقسم فيهـا الى لييفات عصبية تنتهي بأقراص لمسية موزعة بين خلايا الاستناد . وتكثر جسيمات مايسنر في الاصابع وفي راحـة اليد واخمص القدم .

٣ ــ جسيمات باشيني وهي جسيمات ضخمة تتألف من صفائح متحـــدة المركز ، متكاثف بعضها حول بعض تحدد في وسطها جوفاً فيه ليف عصبي ينتهي ببراعم . ونشاهد جسيمات باشيني في اعماق الادمة وفي وجوه الاصابع الجانبيـة وفي العضلات والمفـاصل والمساريقا والخ ...



شكل (١١٠) جسيات مايسنر وباشيني اللمسية

الى اليسار جسيات مايسنر : ١ - استطالة الصبون الحي المحيطي الهيولية

٢ - خلية بشكل ت في العقدة الشوكية

٣ - القرن الامامي ٤ - خلية استناد

الى اليمين جسيات باشيني : ٢ - عصب الاصبع الجانبي

وظائف الجلد

وظائف الجلد كثيرة نختصرها بما يلي :

١ ــ **حماية البدن من العوامل الخارجية** : أ ــ يغطي الجلد العضلات ويحفظها من العوامل الآلية كالصدمات والاحتكاك الخ ..

ب ــ ويقاوم الجلد تأثير المواد الكيمياوية كالحوض والقلويات الممددة .

ج ــ الجلد سيء النقل للحرارة وهو بفضل العرق ينظم حرارة البدن ويدفع اذى الحر .

د ــ ويدفع اذى البرد ايضاً بما عليه من شعر او ريش وما يحويه من دهن .

هـ ــ واخيراً يحول الجلد دون مرور الجراثيم الى البدن .

٢ ــ **التنفس** : التنفس الجلدي ضئيل في الانسان .

٣ ــ **الامتصاص** : يمتص الجلد الماء بصعوبة تحول المفرزات الدهنية دون ذلك بيد انه يمتص المحاليل الغولية (الكحولية) او الدهنية كالمراهم ، اما الاغشية المخاطية فانها تمتص المحاليل المائية بسهولة .

٤ ــ **الاطراح** : يطرح الجلد بواسطة العرق قسماً من الفضلات كما سيأتي ذكره مفصلا في بحث غدد العرق .

٥ ــ **الادخار** : يتراكم الدهن في القسم العميق من الادمة حيث يكون احياناً طبقات كثيفة (كما في الحيتان والخنازير) .

٦ ــ **الحس** : الجلد مقر لثلاثة انواع من الاحساسات يكون مجموعها حاسة اللمس .

أ ــ الاحساسات اللمسية : وهي احساسات نستطيع بواسطتها معرفة شكل الجسم وسعته وحالته ، وتنشأ من تنبيهات آلية تحدثها الاجسام الغازية (الهواء) والمائعة او الجامدة والتنبية الآلي في هذه الحالة اما ضغط او تماس . وتجمع الاحساسات الناتجة عن التماس جسيمات مايسنر ، وهي كثيرة في لب الاصابع . وتجمع الاحساسات الناتجة عن

الضغط جسيمات باشيني . وينحصر الاحساس بالضغط ، في نقاط معينة تدعى نقاط الضغط تتوزع في سائر انحاء البدن ماعدا الرأبوط ولا تحس المناطق الواقعة بين هذه النقـاط بالضغط ابداً ، وتزيد الاشعار والاوبار في شدة الحس . وقد وضع مقياس حس خاص يمين بواسطته تفاوت درجة الحس في مناطق البدن المختلفة : وهو دوارة (بيكار) ذات رأسين حادين . فلنا قربنا ساقيها ووخزنا برأسيها الجلد احدثنا حس وخزة واحدة ، واذا باعدنا بينها تدريجياً وصلنا الى بعد تحدث فيه من الرأسين وخزتان منفصلتان . وتدل التجارب اننا نشعر بوخزتين متى كان البعد عن رأسي الدوارة مليمترا واحداً في رأس اللسان ، و ٣ مم في لب الاصبع و ٣ مم في ظهر اليد . ويرجع هـذا الاختلاف الى كثره الجسيمات الحسية او قلتها في النواح المختلفة من الجلد .

ب ـــ الاحساسات الحرارية : نستطيع بواسطة الجلد ايضاً ان نشعر بالحرارةوالبرودة فاذا اخذنا ساقاً خشبية مبرية برياً دقيقاً . ولامسنا برأسها الدقيق سطح الجلد ، ثم سخناها ليجري رأسها على الجلد فانها تحدث في بعض النقاط حرارة وفي بعضها الآخرحس برودة ، نستنتج من ذلك ان في الجلد نقاطاً يحدث تنبيهها دائماً حساً بالبرودة . واذا طلينـا الجبهة بالمانتول شعرنا ببرودة ، بينما نشعر اذا طلينا به نفسه معصم اليد ، بحس حار ؛ واكثراقسام البدن حساً بالحرارة ، الصدر وجناحا الانف وحوافي الاجفـان والخدان (وبها تعرف الـكاوية حرارة مكواتها) وظهر اليد .

واذا خربت المادة السنجابية في النخاع الشوكي ، او اصابتهـا آفة بعرض ما ، فان الاحساسات الحرارية تزول وتبقى احساسات اللمس .

الاحساسات المؤلمة : اذا حركنا على الجلد رأس جسم دقيق (او كررنا التجربة المذكورة في الاحساسات الحرارية) وجـدنا بالاضافة الى نقـاط الضغط ونقاط الحرارة السابقة الذكر ، ان في الجلد نقاطاً يحدث تنبيهها حساً مؤلماً فقط ، تدعى نقاط الالم . ويزول حس الالم في اثناء التخدير بالكلوروفورم والاتروالكوكائين ، قبل زوال حس اللمس .

العين والرؤية

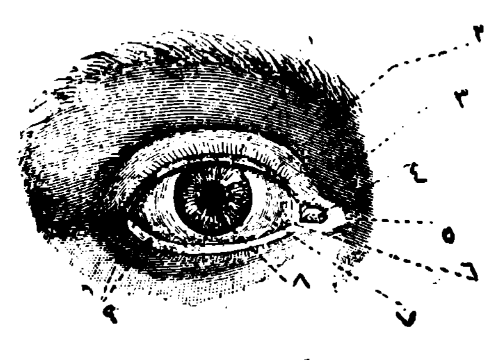
تمكننا الرؤية تقدير اشكال الاشياء وسمتها وألوانها وابعادها . والعين عضوها الخاص .

تشريح العين

اجراء تشريح عملي لعين البقرة ومن بعده تدرس عين الانسان .

تشمل العين : ١ – على الاعضاء الملحقة . ٢ – على كرة العين (المقلة) .

اولاً : الاعضاء الملحقة ، آ – الاعضاء الواقيـــة ، تسكن العين في جوف عظمي هرمي يدعى الحجاج في قعره فرجة (الفرجة الوتدية) يمر منهـا العصب البصري ، وتحيط بالعين وسادة من نسيج ضام شحمي . ويحدث الجلد امامها التوائين يدعيان بالجفنين، الجفن العلوي والجفن السفلي ، وبيطن الجفنين غشاء مخاطي ينعطف على وجه العين الامامي ليمر من جفن الى آخر فيكون الملتحمة التي ترق كثيراً امام العين حتى تصبح شفافة. ويدعم الجفنين العلويين غضروف يدعى الظفر الجفني . وتنبت على حفـاف الاجفان اهداب تخفف من شدة النور الوارد الى العين كما تمنع الغبـار من الدخول اليها ، وتوجد في سمـاكة الجفن غدد دهنية (غدد ميبوميوس) تلينها وتزلق حفاف الاجفان فتسهل انطباقها وتمنع الدمع من الانسكاب فوقها .



شكل (١١١)
١ – الحدقة ٢ – اهداب ٣ – التواء نصف هلالي ٤ – اللحمية ٥ – الزوايا الانسية ٦ – النقطة الدمعية ٧ – الطبقة الصلبة ٨ – القزحية ٩ – الجفنان .

ونشاهد فوق العينين حاجبين وهما قوسان مشعرتان تمنعان عرق الجبهة من الانحدار الى العينين . وفي زاوية العين العلوية الوحشية غدة تختبيء تحت العظم الجبهي تدعى الغـدة الدمعية . وهي بحجم البندقة تفرز الدمع فيسيل على سطح العـين فينظفه ويرطبه ثم يصل في المواقيء الى النقطتين الدمعيتين ومنها الى قنيوات الدمع فالكيس الدمعي ، ثم يخرج الدمع من الكيس بقناة تدعى القناة الانفيـــة وينصب في القسم السفلي من الحفرتين

الانفيتين الشكل (١١٢) والدمع سائل رائق تفاعله قلوي وطعمه ملح يطهر الملتحمة ويدفئها ويمنع جفافها . ويشترك الدموع في ترطيب هواء التنفس، واذا زاد افراز الدمع كما في الانفعالات فاض من العين ويسمى ذلك بالبكاء.



شكل (١١٢) الغدد الدمعية ومجاري الدمع ١ — غدة دمعية ٢ — قنوات غدية ٣ — المقلة ٤ — اللحمية الدمعية ٥ — المآقي ٦ — القنيوة الدمعية ٧ — الكيسة ٧ — القناة الانفية

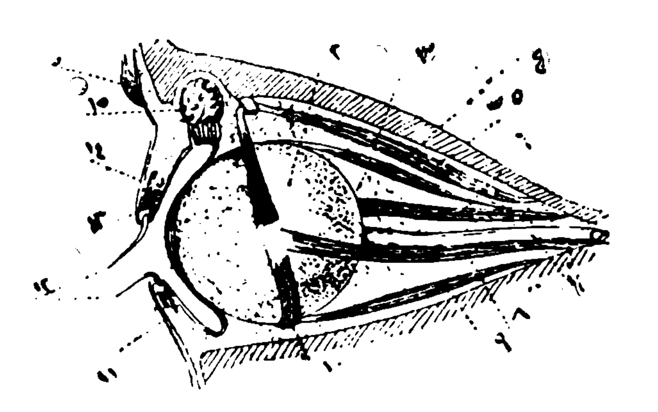
ب — الاعضاء المحركة وهي عضلات ترتكز من جهة على كرة العين ومن جهة اخرى على جدران الحجاج ، وهي اربع عضلات مستقيمة وعضلتان منحرفتان .

أ — العضلة المستقيمة العلوية (عضلة الاختيال) وهي تجر المقلة الى الاعلى فترفع النظر .

ب — العضلة المستقيمة السفلية (عضلة الخشوع) وهي تجر المقلة الى الاسفل فتخفض النظر .

ج — العضلة المستقيمة الانسية (عضلة المحبة) وهي تجر المقلة الى الانسي فتعطف النظر الى الداخل

د — العضلة المستقيمة الوحشية (عضلة الغضب والشزر) وهي تجر المقلة الى الوحشي فتعطف النظر الى الخارج .



شكل (١١٣) الاعضاء المحلقة بالعين

١ — حاجب ٢ — مقلة ٣ — محفظة تينون ٤ — العضلة المنحرفة الكبيرة ٥ — العضلة المستقيمة العلوية ٦ — العضلة المستقيمة الانسية ٧ — العصب البصري ٨ — العضلة المستقيمة الوحشية ٩ — العضلة المستقيمة السفلية ١٠ — العضلة المنحرفة الصغيرة ١١ — الجفن السفلي ١٢ — الاهداب ١٣ — غدة ميبوميوس ١٤ — الظفر الغضروفي ١٥ — الغدة الدمعية .

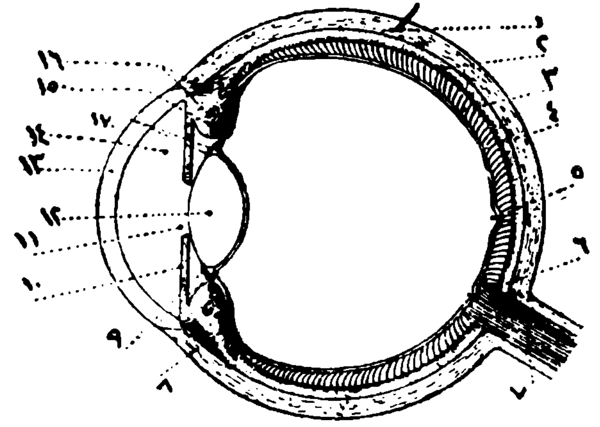
هـ — العضلة المنحرفة الكبرى ، وهي ترتكز في قعر الحجاج ثم تمر من حلقة تقع اعلاه. وهي تدير العين اليمنى باتجاه عقرب الساعة والعين اليسرى بالاتجاه المعاكس .

و — العضلة المنحرفة الصغرى ، وتدير العين بالاتجاه المعاكس لحركة العضلة السابقة .

وتعصب هذه العضلات الاعصاب القحفية وقد ذكرنا ذلك في حينه (الزوج الثالث والرابع والسادس) .

ثانياً — المقلة (كرة العين)

المقلة كرة يبلغ قطرها ٢٣ مم تشتمل على اغشية مغلفة وأوساط شفافة او كاسرة .

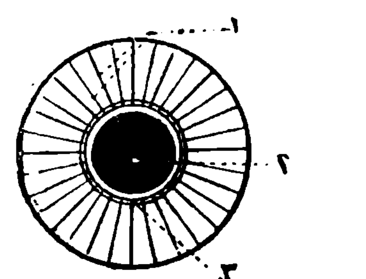


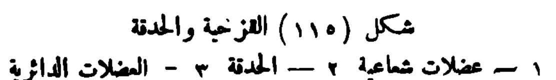
شكل (١١٤) مقطع المقلة « كرة العين »
١ — الصلبة ٢ — المشيمية ٣ — الشبكية ٤ — الغشاء شبه الزجاجي ٥ — اللطخة الصفراء ٦ — النقطة العمياء ٧ — العصب البصري ٨ — منطقة زين ٩ ، ١٧ — الرباط المعلق ١٠ — القزحية ١١ — الحدقة ١٢ — الجسم البلوري ١٣ — القرنية الشفافة ١٤ — الخلط المائي ١٥ — الزوائد الهدبية ١٦ — العضلات الهدبية

أ — الاغشية المغلفة

ويسميها بعضهم طبقات العين وعددها ثلاث .

١ — **الطبقة السفلى** ، تقع في الظاهر ، وهي ليفية مقاومة تحمي محتويات العين ، وتعرف عادة باسم بياض العين ، لونها ابيض. وتتبدل هذه الطبقة في قطبها الامامي فتتحدب وترق حتى تصبح شفافة فتكون القرنية الشفافة وفي الخلف ثقب يمر منه العصب البصري.





شكل (١١٥) القزحية والحدقة
١ — عضلات شعاعية ٢ — الحدقة ٣ — العضلات الدائرية

٢ — **الطبقة المشيمية**

تنطبق على الوجه الباطن من الصلبة وتتألف من نسيج ضام رخو غزير الاوعية يغذي العين ويصطبغ وجهها الباطن بصباغ اسود . وفي المغربين اي المصابين بالاغراب يفقد الصباغ فيبدو قعر العين محمراً . وتتسطح المشيمية في الامام وراء القرنية لتكون القزحية . وفي مركز القزحيه ثقب مدور يدعى الحدقة او الانسان وتتألف القزحيـة من نسيج ضام غزير الاوعية ، يتلون بالازرق او الاخضر او العسلي او الاسود بحسب الاشخاص ومن عضلات ملس دائرية تتقلص فتضيق الحدقة ، ومن عضلات ملس شعاعية تتقلص فتوسعها . وفي نقاط تماس المشيمية بحفاف القرنية نجد حوية تدعى الجسم الهدبي ، تتـألف من النواءات غزيرة الاوعية تدعى الزوائد الهدبية ومن عضلتين هدبيتين ملساوتين ، الواحدة حلقية والثانية مستطيلة ، ترتكز من جهة على حفاف الطبقة الصلبة ومن جهة ثانية تنتشر اليافها كالمروحة على المشيمية ، وتكون هاتان العضلتان جهاز المطابقة .

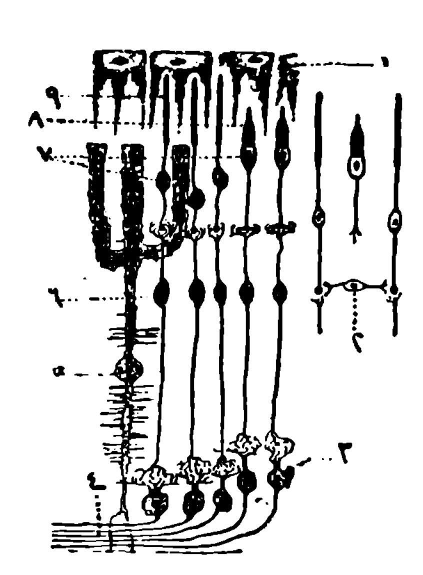
٣ ـ **الطبقة الشبكية** : هي الطبقة الحساسة وتبطن المشيمية في جوف العين .

وتتألف الشبكية قسمياً من انتشار الياف العصب البصري ونهايات هذه الاليـاف مجهزة بأجهزة احساسية خاصة . واذا قطعنا الشبكية قطعاً معترضاً بدت فيها ثلاث طبقات من الخلايا العصبية نذكرها من الباطن الى الظاهر :

آ ـ طبقة الخلايا كثيرة الاقطـاب التي تجتمع محاورها لتكون العصب البصري .

ب ـ طبقة الخلايا ذات القطبـين وهي خلايا تصل خلايا الطبقة السـابقة بخلايا الطبقة اللاحقة فهي اذن عصبونات مشتركة .

ج ـ طبقة الخلايا المبصرة وتكون فيها الخلايا على نوعين : خلايا بشكل مخاريط مجردة من الصباغ وخلايا استطالاتها بشكل عصي ، ملونة بالارجوان الشبكي ، المادة الحساسة بتأثير النور .



شكل(٧ ١) بنية الشبكيه
١ ـ خلية صباغية ٢ ـ خلية ذات قطبين
٣ ـ خلية كثير الاقطاب ٤ ـ عصب
٥ ـ خلية استناد ٦ ـ خلية ذات قطبين
٧ ـ خلايا بصرية ٨ ـ مخروط ٩ ـ عصا

ويشاهد في الشبكية وفي قطب العين الخلفي ، انخفاض يدعي اللطخة الصفراء ليس فيه سوى مخاريط فقط ، وتبلغ حدة البصر في هذه اللطخة اقصى شدتها . اما منطقة دخول العصب البصري فمجردة من الخلايا البصرية وهي لاتبصر ، لذا سميت النقطة العمياء .

ب - **الاوساط الشفافة او الكاسرة :** تتألف هذه الاوساط من القرنية الشفافة والجسم البلوري والخلط المائي والخلط الزجاجي .

١- **القرنية الشفافة :** وهي القسم الامامي من الطبقة الصلبة الذي رق حتى اصبح شفافاً وتبارز قليلا كزجاجة الساعة . وهي تتألف من الامام من نسيج بشري مطبق ، وفي الوراء من بشرة تفرز خلاياها الخلط المائي . والقرنية مجردة من الاوعية تتغذى خلاياها بالحلول . وتقدر قرينة انكسارها بـ ١،٣٥ .

٢ - **الجسم البلوري :** وهو عدسة محدبة الوجهين اكثر تحدباً في الوراء منها في الامام قطره ٩ مم وثخنه ٤ مم، وتحيط به محفظة مرنة ويسمى قسمها الامامي الغشاء شبه البلوري الامامي ويسمى قسمها الخلفي الغشاء شبه البلوري الخلفي . وتتألف بشرة الجسم البلوري الامامية من خلايا مكعبة مسطحة ، بينما تتألف كتلة الجسم الباقية من نواة صلبة كروية . وتقدر قرينة انكسارها بـ ١،٤٥ .

شكل (١١٦) الجسم البلوري
١ - نواة ٢ - الغشاء شبه الزجاجي الخلفي
٣ - الغشاء شبه الزجاجي الامامي ٤ - الياف
٥ - البشرة الامامية

اجراء تجربة تبين تشكل الخيال بواسطة عدسة في غرفة مظلمة .

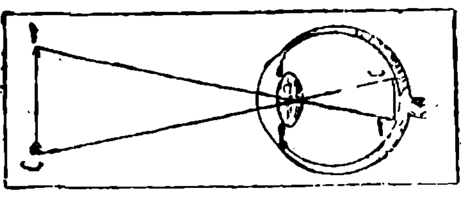
٣- **الخلط المائي :** وهو مركب من ماء واملاح معدنية ، تفرزه خلايا بشرة القرنية الخلفية ، فيملأ بيت العين الامامي الذي تحده في الامام القرنية ، وفي الوراء القزحية . وتقدر قرينة انكساره بـ ١،٣٧ .

٤- **الخلط الزجاجي :** وهو مادة هلامية شفافة قرينة انكسارها ١،٣٥ تملأ قسم العين

الخلفي (ثلاثة ارباع كرة العين) . وينشأ من جوار الجسم الهدبي ، الرباط المعلق الذي يمسك الجسم البلوري في مكانه .

فيزيولوجيا الرؤية

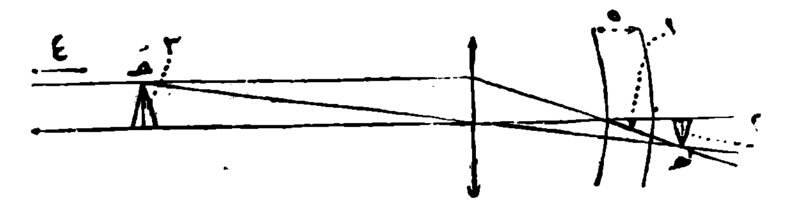
آ ـ **آلية الرؤية** : تعتبر العين جهازاً بصريا يكون للاجسام الواقعة امامها خيالات حقيقية تقع على الشبكية. فتتلقى الشبكية هكذا التنبيهات الضوئية وتوصلها بواسطة العصب البصري الى مركز الرؤية (الفص القفوي)



شكل (١١٨)
تكون الخيال على الشبكية

تكون الخيال : تجربة لشكل الخيال في عين بقرة : تتكون الخيالات في العين السليمة المستريحة في اللطخة الصفراء من الشبكية ، وهي خيالات حقيقية مقلوبة اصغر من الاجسام ، التي تبعد عن العين في هذه الحال ٦٠ متراً فأكثر . ولاثبات ذلك نأخذ عين ثور وبنزع عنها القسم الخلفي من مشيميتها ومن طبقتها الصلبة ، ثم نضع امامها شمعة مضيئة فيبدو الخيال على شبكتها واضحاً مقلوباً .

المطابقة : لنفرض ان العين سليمة وانها تنظر الى اللانهاية ، ولنضع امامها جسماً نقربه منها تدريجياً الى اقل من ٦٠ متراً ، فنشعر ان الجسم امامها اصبح مبهماً قليل الوضوح . ويعلل ذلك بوقوع الخيال وراء الشبكية ، وبتكون نور منتشر فقط على الشبكية



شكل (١١٩) ترسيم يبين لزوم المطابقة

١ ـ خيال الجسم البعيد ٢ ـ خيال الجسم المقرب (وراء الشبكية) ٣ ـ الجسم المقرب
٤ ـ الجسم البعيد ٥ ـ الشبكية

نفسها . ولا تلبث العين ان تعود فترى الجسم واضحاً بفضل عمل تقوم به يدعى المطابقة . ونتأكد من ذلك بالتجربة التالية : لنغمض عينينا بضع ثوان ثم لنفتحها فجأة ولننظر الى جسم بعيد فنراه واضحاً بدون جهد انكرر ذلك مرة ثانية ، ولننظر الى جسم قريب فنرى الجسم في البدء مبهما يتضح بعد جهد تقوم به العينان . ولكي يقترب الخيال ويتكون على الشبكية يجب بحسب قوانين الضوء ، ان يزيد تحدب الجسم البلوري (العدسة) ، اي يجب ان يقصر البعد المحرقي . فالمطابقة اذن هي زيادة انحناء الجسم البلوري وتبدأ متى بلغ الجسم بعداً معيناً عن العين يدعى نقطة المدى (٦٠ متراً) ونستمر حتى تبلغ اقصى حدودها متى اصبح الجسم على بعد معين ايضاً من العين (١٢ — ١٥ سم) يدعى نقطة الكثب نحو العين زال الوضوح زوالاً لا يصلح ، لان المطابقة تقف عند هذا الحد . وهكذا كلما قرب الجسم زاد تحدب الجسم البلوري ، فيبقى الخيال على الشبكية على الرغم من تبدل الوضع وقد اثبتت تبدلات الجسم البلوري بالتجارب التالية :

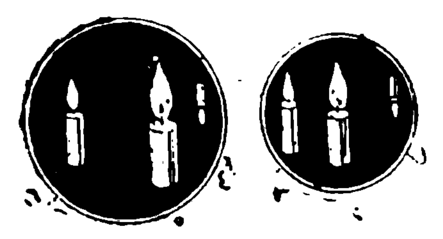
١ — اذا رفعنا الجسم البلوري من عين بطلت مطابقتها .

٢ - تجارب بوركنج : توضع امام عين انسان ، شمعة مضيئة ينظر اليها ثم تراقب العين من الجانب ، فتشاهد فيها ثلاث خيالات:

آ (٦) خيال قائم يعطيه وجه القرنية الامامي الذي يقوم بدور مرآة محدبة .

ب (٥) خيال قائم اكبر من السابق واقل نوراً يعطيه وجه الجسم البلوري الامامي الذي يقوم ايضاً بدور مرآة محدبة .

ج (٤) خيال معكوس صغير يعطيه وجه الجسم البلوري الخلفي الذي يقوم بدور مرآة مقعرة .



شكل (١٢٠) تجربة بوركنج
في اليسار (الكبيرة) الشخص ينظر الى الشمعة .
في اليمين (الصغيرة) الشخص ينظر الى القريب .
١ و ٤ - خيال الشمعة الذي يعطيه وجه الجسم البلوري الخلفي ٢ و ٥ - خيال الشمعة الذي يعطيه وجه الجسم البلوري الامامي (٢ اصغر من ٥ حين ينظر الشخص الى القريب) ٣ و ٦ - خيال الشمعة الذي يعطيه وجه القرنية الامامي

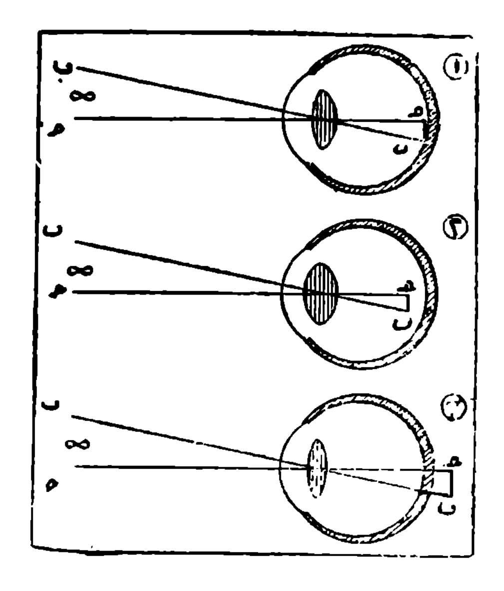
فاذا نظر الانسان بدون ان يتحرك ، الى جسم اقرب من الشمعة رأينا ان الخيالين ٣و٦ لم يتبدلا وكذلك ١ و ٣ وان الخيال رقم ٢ هو الذي يتبدل وحده فيصغر (رقم ٥) ويدل هذا على ان انحناء وجه الجسم البلوري الامامي قد زاد .

آلية المطابقة : رأينا ان في مركز الجسم البلوري نواة صلبة وان حوافي هذا الجسم لينة . ويزيد تقلص العضلات الهدبية في ضغط العين الباطن زيادة يندفع معها الجسم البلوري الى الامام فيتوتر بذلك رباطه المعلق الثابت في الوراء ويضغط على الاقسام الرخوة من الجسم البلوري التي تندفع الى الوراء بينما تبقى النواة المركزية الصلبة على حالها فتبرز وهكذا يزيد انحناء وجه الجسم البلوري الامامي نصف مليمتر تقريباً ويساعد على ضغط حفاف الجسم البلوري ايضاً امتلاء الزوائد الهدبية بالدم وانتباجها وقد صورت عيون قردة في حال الراحة وفي حال المطابقة فوجدت تبدلات في اجسامها البلورية موافقا لما ذكر .

ونستطيع ان نطابق حتى نقطة الكثب (١٢ - ١٥) حيث يبلغ تحدب الجسم البلوري اقصى حدوده . وتتبدل نقطة الكثب مع تقدم السن

عيوب الرؤية : نذكر منها الحسر والطمس والقدع والشوس .

اولاً ـ الحسر (قصر النظر): ويكون فيه محور العين الامامي الخلفي طويلاً ، او يكون تحدب الجسم البلوري زائداً فتقع خيالات الاجسام البعيدة امام الشبكة لاعليها ، لذا لاتكون الرؤية فيها واضحة . واذا قربنا الاجسام بدأ خيالها بالوقوع على الشبكية ونقطة المدى هي البعد الاقصى للرؤية الواضحة ، فالحسير لا يرى من بعد. ويصطلح الحسر بعدسات مبعدة تخفف من تقريب جهاز العين البصري .



شكل (١٢١) عيوب الرؤية
١ - عين سليمة طبيعية ٢ - عين حسيرة
٣ - عين طمساء

ثانياً الطمس : (مد البصر) : ويكون فيه قطر العين الامامي الخلفي قصيراً ، او يكون تحدب الجسم البلوري قليلا فتقع خيالات الاجسام البعيدة وراء الشبكية ،

وتبتعد اكثر فاكثر كلما اقتربت الاجسام من العين، فلكي تتضح الرؤية ينبغي ابعاد الاجسام عن العين . فالطامس لا يرى عن كثب وتبعد فيه نقطة الكثب حتى ٥٥ سم فاكثر . ويصلح الطمس بعدسات مقربة تزيد في تقريب جهاز العين البصري .

ثالثاً — القدع (مد البصر الشيخي) : تخف مرونة الجسم البلوري تدريجياً مع الزمن وتقدم السن ، وينقص من جراء ذلك تبدل التحدب ، وبالتالي تتحدد المطابقة فلا يرى القادع عن كثب . ويصلح هذا العيب بالعدسات المقربة ويزيد مع تقدم السن .

رابعاً — الشوس : تتصف العين الشوسة بتباين في انحناءآت خطوط عرضها المختلفة، او بنقص تجانس اوساطها الشفافة وخاصة في تجانس جسمها البلوري . فلا تكون الرؤية واضحة في سائر الانجاهات القائمة . ومبهمة حاسرة في الانجاهات العرضية او العكس. وتميل العين في هذه الحالة الى مد الاجسام نحو الاتجاهات التي تتمكن من الرؤية فيها بوضوح ، فتعطيها من جراء ذلك ابعاداً خاطئة . مثلا يكون خيال النقطة في العين الشوسة خطاً . ويصلح هذا العيب بالعدسات الاسطوانية المقربة او المبعدة .

دور القزحية : تعطي منطقة المركز في العدسات خيالات اوضح من التي تعطيها العدسات بكاملها ، لذا تحجب حفاف العدسات بحجاب لاجتناب تأثير الزوغان الكروي . وحيث ان الجسم البلوري يشبه العدسة لذا وجب ستر حفافة بحجاب ، للحصول على خيال واضح ،وحجابه الساتر هو القزحية . فاذا كان النور شديداً كانت الصورة واضحة لتضيق الحدقة المرافق ، واذا كان النور ضعيفاً كانت الصورة قليلة الوضوح لاتساع الحدقة الذي يعوض عن ضعف النور ، فيضحى الوضوح هكذا في سبيل الانارة . وقد رأينا ان ضيق الحدقة ينتج عن تقلص عضلات القزحية الدائرية ، وان اتساعها يحدث بتقلص عضلاتها الشعاعية ، ويطلق على هذه الحركة اسم المنعكس الحدقي .

دور الشبكية في الرؤية : يعتبر النور منبهاً طبيعياً للشبكة ، اذ تحدث الاهتزازات الضوئية التي ينحصر تواترها بين تواتر الاشعة الحمراء والاشعة البنفسجية احساسات ضوئية تدعى الاحساسات الجسمية ، بينما لا تحدث الاهتزازات الاخرى خارج هذه الحدود اي احساس ضوئي .وهكذا فان الشبكة لا تتنبه بالاشعة فوق البنفسجية ولا بأشعة تحت الحمراء. ولا ينبه النور في الشبكية الا طبقة الخلايا ذات العصي وذات المخاريط ، فتخترق الاشعة الضوئية طبقات الشبكية حتى تصل اليها .وتحول هذه الخلايا الاهتزاز الضوئي الى تنبيه عصبي

(سيالة) . ويترافق هذا التحويل بتبدلات في الشبكية نلبنها فيما يلي :

١ - تتمدد استطالات الخلايا الصباغية ، بين العصي والمخاريط بالنور ، وتتقلص بالظلمة .

٢ - تقصر رؤوس المخاريط بالنور وتطول بالظلمة .

٣ - يتفكك الارجوان الشبكي بالنور فينعدم لونه .

وهكذا تقضي تبدلات عناصر الشبكية المختلفة الى تكوين صور ضوئية واضحة للاجسام المنيرة او المستنيرة فيبقى خيال النواحي المظلمة من الاجسام وردياً بينما يبيض خيال النواحي المستنيرة منها . ويستطاع تثبيت الصورة بوضع العين (المقتلعة من جثة بعد الموت مباشرة ، او من حيوان) في محلول الشب نسبته ٤ ٪ ومهما يكن من امر فان سيالة عصبية تنشأ في حذاء الشبكية المنبهة ، وتنتقل الى المخ (مركز الرؤية بواسطة العصب البصري) .

مدة الانطباعات الضوئية : لنحدق مدة الى جسم منير ثم لنغلق عينينا فجأة ، فنشعر باستمرار الاحساس بالنور مدة قصيرة بعد اغلاق العينين . وتختلف هذه المدة فتتراوح بين $\frac{١}{٢٠}$ الى $\frac{١}{٥٠}$ من الثانية . فاذا توالت الانطباعات الضوئية على الشبكة بتواتر فتراته اقل من $\frac{١}{٥٠}$ من الثانية ، حدث احساس ضوئي متواصل . والامثلة على ذلك كثيرة في عصرنا فان النجوم الهابطة ترينا خطاً نارياً متواصلاً كما ترينا قطعة الفحم المتوهجة اذا حركت بسرعة خطاً نارياً متواصلاً ايضاً ، وعلى هذا الاساس بنيت آلات عرض الصور المتحركة وصنع قرص نيوتن لتركيب اللون الابيض الخ ..

الرؤية القويمة : كيف نرى الاشياء قائمة وقد بينا ان خيالها منعكس على الشبكية ؟ يجب ان لاتعتبر الشبكية دريئة بسيطة تسقط عليها الخيالات ، بل يجب ان نذكر انها غشاء حي ، وان الاحساس البصري لا يحدث فيها انما يحدث في المخ في مركزه الخاص فتقويم الخيال الشبكي عمل خاص بالمراكز المخية لا شأن للقوانين الفيزيائية فيه ابداً .

الرؤية المضاعفة : يتكون للجسم الواحد خيال في كل عين ، فلماذا لا نرى الجسم مضاعفاً ؟ عندما نحدق الى جسم نوجه نحوه محور عيننا البصري بصورة يتكون خياله معها على اللطخة الصفراء . وتقوم العضلات المحركة بهذا التوجيه فتوجه العينان محوريهما

نحو نقطة واحدة هي الجسم فتكون الخيالات في نقاط متناظرة على الشبكتين في وقت واحد كما تنتقل التنبهات منها بالعصبين البصريين في وقت واحد ايضاً ، فتتراكب الصورتان في المركز البصري وتحدثان احساساً واحداً . فاذا وقع الخيالان في نقاط مختلفة على الشبكتين ، حدثت الرؤية المضاعفة ، ونلاحظ ذلك متى ضغطنا باصبعنا على احدى العينين ضغطاً يفسد تناظر الشبكتين بتبديل اتجاه محور العين . وهذا ما يحدث أيضاً في الحول .

الرؤية المجسمة : يرتسم للجسم الواحد خيال في كل عين . وتنشأ الرؤية المجسمة من تراكب هذين الخيالين في مركز البصر ، فهي اذن عمل مخي . ويكفي لاثبات ذلك ان نذكر ان الكمه (العميان ولادة) الذين يستعيدون بصرهم فجأة لايستطيعون تقدير المسافات والنواتىء . فيظنون ان الاجسام التي يشاهدونها تمس اعينهم . كما ان الرؤية بالعين الواحدة لا تعطي الا فكرة ناقصة عن المسافة والبروز . ويزيد التجسيم باستعمال المنظار المجسم حيث تتطابق صورتان لجسم واحد ، أخذتا من نقطتين مختلفتين .

تقدير بعد الاجسام : نقدر بعد الاجسام بالعين المجردة ، باستناد الى وضوح الاجسام وحجمها الظاهر وبالمقابلة مع أجسام مجاورة معروفة الابعاد ويستطاع تقدير البعد بالعين الواحدة ، وللمران قيمة في ضبط هذا التقدير .

التعب الشبكي : يتعب النور الساطع الشبكية فينقص تنبهها: فاذا انتقلنا فجأة من النور الشديد الى غرفة قليلة الاضاءة فاننا لانميز فيها شيئاً الا بعد مرور بعض الزمن . ويعلل ذلك بان الخلايا البصرية التي أتعبها النور الساطع لاتتنبه بخيالات الاجسام الموجودة في الغرفة الا بعد حين .

الحركة والحس عند النباتات

تبدو النباتات لاول وهلة انها لا تتحرك ، وانها عديمة الحس . بينما تتميز الحيوانات بانها تحس وتتحرك . وفي الحقيقة ان الحركة لا تختص بالحيوانات فقط انما توجد في النباتات أيضاً .

فاذا فحصنا في قطرة ماء عادي خلايا ورقة الايلوديا ، نشاهد ان هيولى هذه الخلايا تتحرك حركات دورانية تدعى (سيكلوز) وتدلنا هذه الحركات على ان الهيولى حساسة. وما هذه الحركات الا ردود افعال على المنبهات ، كما هي الحال في الحركات العضليةفي الحيوانات .اذ يمكن اسراعها بارتفاع درجة الحرارة . وابطاؤها بالبرد، وايقافها بالتخدير .

وهناك كثير من الخلايا النباتية المجردة من الغشاء السللوزي تتحرك كالخلايا الحيوانية مثال ذلك الفطور المخاطية التي تنزلق على الركائز كما هي الحال في المتحول. (اميبا) كما ان نطاف عريانة البذور والسراخس تسبح في الماء بواسطة اهداب مهتزة او سياط . كما ان بعض الجراثيم النباتية ايضاً تتحرك بواسطة أهدابها .

ومع ذلك ورغم وجود الغلاف السللوزي في الخلايا النباتية الذي يحد من حركتها، فان بعض النباتات الراقية كالحساسة (المستحي) . وبعض النباتات آكلة الحشرات تتحرك بآليات خاصة حركة جلية واضحة . ونميز من هذه الحركات ماهو مرتبط بالنمو ، وما هو غير مرتبط بالنمو .

أولاً – الحركات غير المرتبطة بالنمو :

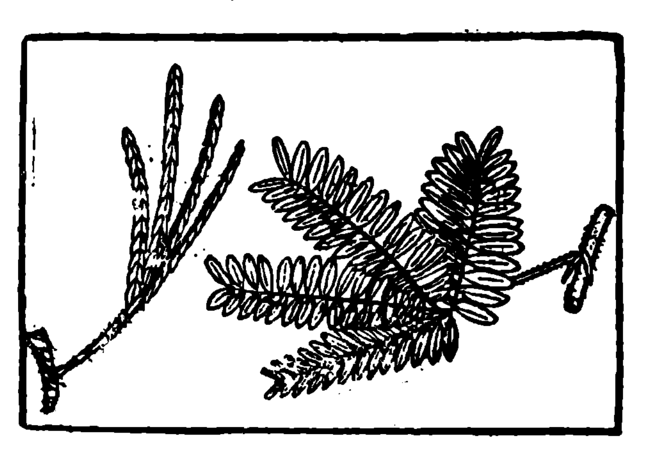
آ – الحركات الليلية النهارية : وهي حركات تشاهدفي اوراق وازهار بعض النباتات لسببها تغيرات الاضاءة وتغيرات درجات الحرارة فأزهار نبات لبلاب الحقول تنفتح في الصباح وتنغلق في المساء .

كما ان اوراق بعض النباتات وخصوصاً النباتات البقلية كالنفل والفصة والفاصولياء ،

ذات الاوراق المركبة ، تختلف اوضاعها تبعاً لتناوب الليل والنهار . في النهار تكون وريقاتها منتصبة منبسطة ، ولذا يقال انها في حالة « اليقظة » . بينما تسترخي وريقاتها في الليل وتلتوي فتنطبق على بعضها ويقال انها في حالة « النوم » .

اما آلية هذه الحركات فلا تزال غير واضحة انما نلاحظ في قاعدة المعاليق وفي قاعدة الوريقات ، وجود انتفاخات محركة . فالخلايا التي تتألف منها هـذه الانتفاخات تحتوي على فجوات كبيرة يختلف ضغطها الحلولي في الليل عما هو عليه في النهار مما يؤدي الى اختلاف انتباجها ، وبالتالي الى انتصاب الوريقات او استرخائها .

ب - الحركات المحرضة : وابرز مثـال ذلك الحساسة (او نبات المستحي) وهي نبات اوراقه مركبة ريشة توجد في قاعدة وريقاتها ومعاليقهـا الثانوية وللاولية انتفاخات صغيرة ، تكون هذه الاقسام في النهار منتصبه والوريقة في حالة يقظة اما في المساء فان الوريقات المتقـابلة تنطبق على بعضها ، والمعاليق تنحني مسترخية الى الاسفل وتصبح الوريقة في حالة « النوم » . وبالاضافة الى حركات النوم واليقظة هذه ، فان هذا النبات



الحساسة تطوي اوراقها بمجرد لمسها

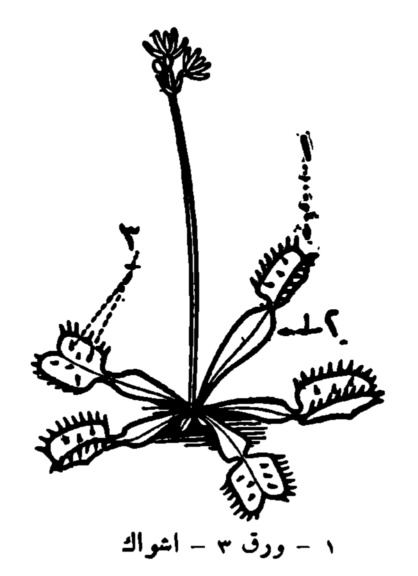
يمتاز بحساسية خاصة اذ ينتقل من وضع اليقظة الى وضع النوم لاقل صدمة او بمجرد لمسه . وتزول هذه الحركات بالمخدرات .

اما آلية هذه الحركة فتعود لوجود الانتفاخات المحركة وانتبـاج الخلايا المكونة لها . اذ يعتقد ان هنالك مادة او مواد منحلة تتكون في نقطة التنبيه ، ثم تتسرب منهـا الى بقية اقسام النبات ، فتؤثر على الانتفاخات المحركة ، وتزيد في نفوذ خلايا وجـه

الانتفاخ السفلي المنتجة فتفرغ من الماء وتسترخي . ولكنها لاتلبث ان تعود الى انتباجها العادي رويداً رويداً .

وهناك ايضاً **النباتات آكلة الحشرات** : كالديونيقة ، وهي نبات لاوراقه صفيحة ذات فصين يحمل كل منها اشواكاً قوية واوباراً عديدة بينها غدد مفرزة . فاذا لمست اجنحة اوارجل حشرة ما ، هذه الاوبار ، انطبق عليها فصا الورقة ، وافرزت الغددعندئذ سائلاً لزجاً حامضياً تهضم به الحشرة .

اما الندية فلها اوراق تنتشر على شكل وردي ، لكل منها معلاق طويل وصفيحة مستديرة ، وجهها العلوي مجهز بلوامس عديدة نهاياتها منتفخة ودبقة ، فاذا سقطت عليها حشرة صغيرة امسكتها اللوامس وقتلتها بما تفرزه من عصارات لزجة وهاضمة .



١ - ورق ٣ - اشواك

ثانياً — **الحركات المتعلقة بالنمو** : مثال ذلك النباتات الملتفة . فسوق هذه النباتات ترسم اثناء نموها خطاً حلزونياً ، كساق الفاصوليا التي تلتف حول الاجسام المجاورة الى اليمين واليسار.

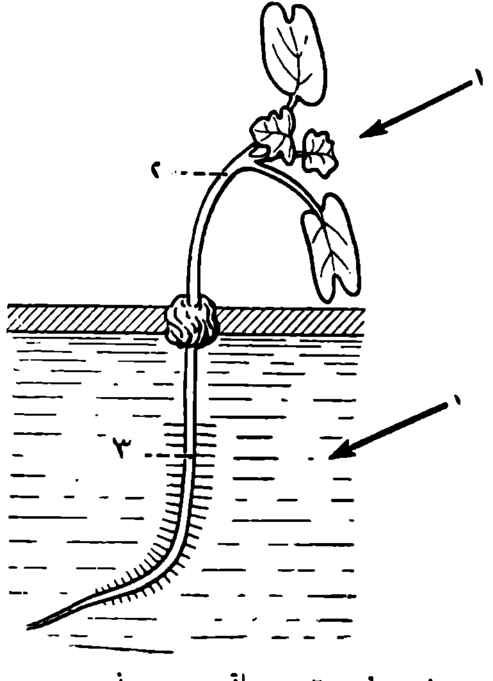
الانجذابات : توجه نمو الساق والجذر عوامل الوسط الخارجي المختلفة كالثقالة والانارة من جهة واحدة الخ . . وتحدث انحناءات في الاعضاء اثناء نموها.

ويطلق اسم الانجذابات على الاتجاهات المرتبطة بالنمو بتأثير العوامل الخارجية من جانب واحد.

آ — **الانجذاب الضوئي** (**تأثير النور**) : تدلنا الملاحظة على انه اذا تعرضت نبتة الى انارة من جهة واحدة (كنبات موضوع بالقرب من نافذة

١ -اتجاه الضوء ٢-غرفة مظلمة ٣ -نور من جهة واحدة

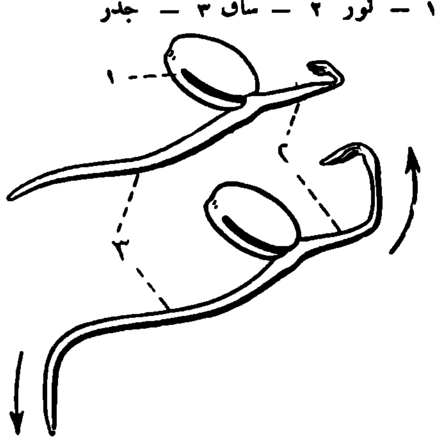
تتجه ساقها نحو النور . وينطبق ذلك تماماً على كوليوبتيل الشوفان اذا تعرض للنور من احد وجوهه ، وبالعكس ينمو الكوليوبتيل شاقولياً في غرفة مظلمة او في غرفة معرضة للنور من جميع الجهات .



١ – نور ٢ – ساق ٣ – جذر

انجذابات السوق والجذور : تتجه السوق نحو النور ، فيقال بأن تأثير النور فيها موجب . اما الجذور فلا يؤثر فيها النور غالباً ، الا انه في بعض الحالات (كالخردل) يكون للجذر انجذاب ضوئي سالب ، فهو ينمو باتجاه النور الاكثر ضعفاً .

ب – **الانجذاب الارضي (تأثير الثقالة)** : ينمو الجذر عادة بشكل شاقولي من الاعلى الى الاسفل تبعاً لمنحى الثقالة ، فيقال بأن الانجذاب الارضي في الجذر موجب. وبالعكس تنمو الساق شاقولياً من الاسفل نحو الاعلى ، باتجاه يعاكس منحى الثقالة. فيقال بأن الانجذاب الارضي في الساق سالب .



١ – بذرة ٢ – ساق ٣ – جذر

واذا تركت نبتة بشكل افقي او اذاقلبت رأساً على عقب، كما في تجربة الاصيص المقلوب، نرى ان الجذر ينحني اثناء نموه نحو الاسفل ، وان الساق تنحني نحو الاعلى ، ثم استمر هذه الاعضاء في نموها بعدئذ بشكل شاقولي .

تجربة عجلة نايت : لنأخذ عجلة تدور عمودياً حول محور افقي ، ولنضع على محيطها بذوراً منتشة ذات جذور وسوق فتية واضحة.

١ - اذا كانت المجلة تدور ببطء (اي بمعدل دورة في كل عشرين دقيقة) ، ينعدم تأثير الثقالة ، وذلك لان كل جذر وكل ساق يمر بالتوالي (اثناء الدوران) بوضعين متعاكسين على نفس القطر ، فتصبح تأثيرات الثقالة متساوية وباتجاهات متعاكسة ، وبالتالي تنعدم محصلتها .

وعندما لم تعد الجذور والسوق خاضعة لتأثير ما ، تستمر حينئذ في نموها باتجاهها الأول .

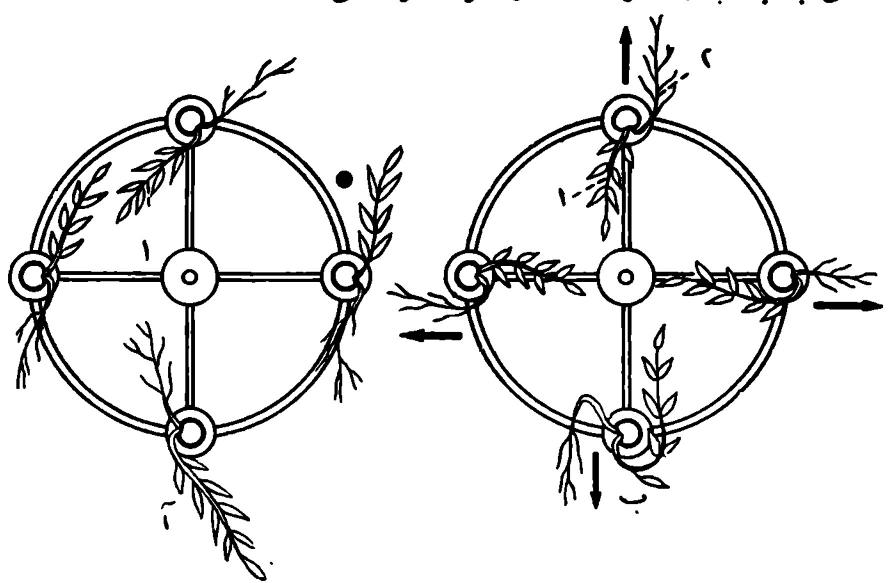
٢ - اذا كانت المجلة تدور بسرعة ، بحيث تصبح القوة النابذة شديدة نلاحظ مايلي :

تجربة الاصيص المقلوب

(آ) — تنحني الجذور وتتجه مسايرة لمنحنى القوة النابذة اي نحو خارج المجلة .

(ب) — تنحني السوق وتتجه باتجاه معاكس لمنحنى القوة النابذة ، اي تتجه نحو مركز المجلة .

ولما كانت القوة النابذة قادرة على توجيه الجذور والسوق نستنتج بأن الثقالة في الطبيعة تعمل على جذب الجذور نحو الاسفل والسوق نحو الاعلى .

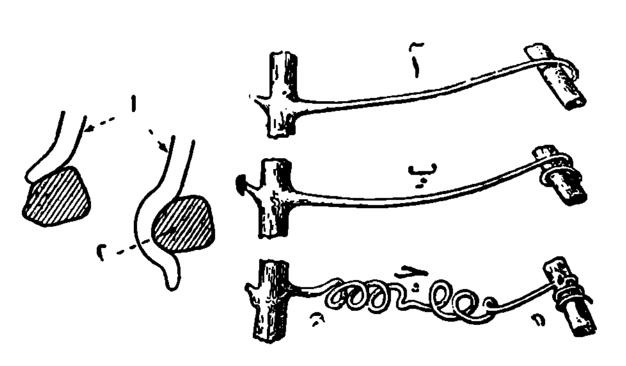


١ — ساق ٢ — جذر

ج ـ الانجذابات الاخرى

١ ـ تأثير التماس : تلتف الجذور والسوق حول العوائق التي تصادفها اثنـاء نموها .

وذلك لان وجـه العضو الذي يمس الجسم الصلب يتضاءل نموه ، فينتج عن ذلك انحناء ، ويلتف العضو حول العائق ، ويظهر هــذا التأثير واضحاً بصورة خاصة في محالق الكرمة التي تلتف حول المساند .



محالق الكرمة تلتف تدريجياً حول المسند

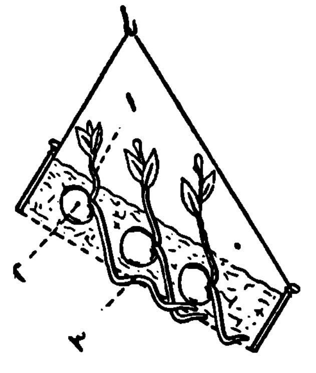
١ ـ جذر
٢ ـ عائق

٢ـ تأثير المواد الكيمياوية: (الانجذاب الكيميائي) : تتحسس الجذور ببعض المواد الكيمياوية كالاوكسيجين مثلا الذي يؤثر على توجيه النمو فبعض المواد تجذب الجذور نحوها (فيقال بأن هنالك انجذاباً كيميائياً موجباً) وبعضها الآخر ينبذها (فيقال بأن هنالك انجذاباً كيميائياً سالباً .

٣ ـ تأثير الرطوبة (الانجذاب المائي) : تتجه الجذور نحو الرطوبة ، فيقال ان لها انجذاباً مائياً موجباً ، وهــذا مايحدث على ضفاف الانهار حيث نجد ان جذور الاشجار تنمو وتستطيل متجهة نحو الماء .

تجربة المنخل المنحني : وهي تبين تأثير الانجذابات الثلاثة الرئيسية مجتمعة على الجذر :

لنزرع في منخل مائل يحوي تراباً رطباً ، بضع حبات من القمح لتنتش ، فتنمو الجذور بعد حين من الزمن ، في هذا الوسط المتجانس بالظلمة والرطوبة ، وتتجه شاقولياً نحو الاسفل بتأثير الانجــذاب الارضي الموجب . وعنـدما تبلغ قعر المنخـل تتجنب العوائق (أسلاك المنخل الحديدية) بتأثير الانجذاب بالتماس ، لتخرج من عيون المنخل . وعندما تصبح طليقة في الهواء ،



١ ـ ساق ٢ ـ بذرة
٣ ـ جذر تلتوي حول العائق

تنجذب نحو رطوبة التربة بتأثير الانجذاب المائي الموجب ، فتدخل في المنخل ، وتجد عندئذ وسطاً متجانساً من حيث الظلمة والرطوبة ، فيعمل فيها من جديد تأثير الجاذبية الارضية ، فتعود بعدئذ لتخرج من عيون المنخل ، وهكذا يتكرر نفس العمل بتأثير العوامل المارة الذكر ، فترسم بذلك سلسلة من الانحناءات يكون اتجاهها العام موازياً لسطح قعر المنخل .

يتبين من هذه التجارب بأن الانجذابات تحدث بتأثيرات ملائمة لحاجات النبات .



«الوحدة الثانية»

وظائف التغذية

تضمن وظائف التغذية بقاء الجسم ونموه ، وتوفر له وقوداً تستمد منه عضلاته واعضاؤه القدرة اللازمة لعملها . ويكون هذا الوقود بشكل اغذية ومولد حموضة . اما التغذية فتطلق على سائر الوظائف التي تضمن دخول الاغذية ومولد الحموضة الى البدن والتي تسهل توزيعها واستعمالها ، كما تضمن فيه طرح الفضلات الناتجة عن هذا الاستعمال . ويميز من هذه الوظائف:

١ — **الهضم** : وبواسطته تحول الاغذية الى مركبات قابلة للامتصاص .

٢ — **الامتصاص** : وبه تدخل الاغذية الدم .

٣ — **الدوران** : ويتم بواسطته توزيع الاغذية الى سائر خلايا نسج البدن .

٤ — **التنفس** : وهو يضمن وصول مولد الحموضة الى سائر الاعضاء والانسجة .

٥ — **الاطراح** : وبه يتم تخليص البدن من الفضلات .

وتفيد هذه الوظائف الخمس في تأمين حاجة مشتركة ، وهي غذاء الخلية .

الهضم

وظيفة الهضم

لزوم التغذي وتعريف التغذية : ان التغذي ضرورة بديهية تقوم على اساسها سائر اعمال الحياة فاذا نقص الغذاء شعرنا باحساسات باطنة مزعجة كالجوع والعطش .

الجوع : هو اضطراب ينشأ متى تأخرنا في تلبيــة حس خفيف لذيذ في بدئه يدعى الاشتهاء Appétit وقد أثار مركز الجوع نقاشاً وجدلا بين العلماء فوضعت نظريات كثيرة منها يقول بأن الجوع حس عام مصدره في البصلة وينتج عن افتقار الدم الى المواد المغذية .

العطش : هو حس بجفاف مخاطية الفم واللسان والبلعوم سببه انقطاع افراز الغدد اللعابية . ويرجع مرد العطش الرئيسي الى ازدياد في تركيز الدم او نقص في كمية الماء :

فعندما نكثر من المأكولات الملحة نحس بالعطش وعندما يعرق جسمنا بغزارة نحس بالعطش ايضاً .

لماذا يفتقر الدم الى الاغذية : يخسر جسمنا في كل يوم قسماً من مواده الغذائية وقسماً من قدرته :

آ - خسارة المواد المغذية : دلت التجارب على الرجل الكهل الصحيح البنية انه يفقد في كل يوم ٢٥٠٠ غراماً من الماء منها ١٣٠٠ - ١٤٠٠ بالبول و ٦٠٠ غ بالعرق و ٤٠٠ - ٥٠٠ بالرئتين و ١٠٠ بالغائط ويفقد ايضاً ٢٥ من الملاح المعدنية (بالبول والغائط والعرق) و ٢٧٠ غراماً من الكربون بشكل غاز الكربون او بشكل بولة وحامض بول كما يفقد ١٨ غراماً من الآزوت بشكل بولة .

ب - خسارة القدرة : يستهلك الانسان (بالعمل والاشعاع) مقداراً من القدرة ، اذا قدر بالحريرات بلغ نحواً من ٢٦٠٠ حريرة ؛ ولتعويض هذه الخسارة يجب ان تتغذى ؛ ونطلق اسم الاغذية على المواد التي ندخلها الى جسمنا لتفيد :

١ - في توفير المواد اللازمة للنمو ولترميم ما انهدم من اعضائنا .
٢ - في توفير الوقود اللازم لنشر القدرة .
٣ في ادخار مواد يستعملها البدن عند الحاجة .

ويمكننا منذ الآن ان نفرق بين الطعام المغذي والطعام المنبه ، فالطعام المغذي يهضم فيتمثل ليرمم او يحترق فينشر القدرة او يدخر بشكل دهن او مولد سكر والخ . . . اما الطعام المنبه فهو على العكس لايدخر ابداً وهو يحافظ على تأثيره المنبه .

الاغذية

تستهلك الكائنات الحية مجموعة من المواد تعرف بالاغذية لتستدرك منها القدرة اللازمة لها للقيام بأفعالها الحيوية الضرورية ولتضمن نموها وترميم ما يتلف من اجهزتها ومادتها الحية . وتقسم الاغذية من حيث طبيعتها الكيميائية الى اربعة اقسام :

١ السكريات : وهي مواد عضوية تتألف من اتحاد ثلاثة عناصر : الكربون

والهيدروجين والاوكسيجين ، وتدخل في بناء القسم الاعظم من النسج الحيوانية والنباتية وتعتبر كيميائياً مركبات معقدة تنشأ من تضاعف ذرة من السكريات الاحادية والبسيطة ، لذا تقسم السكريات الى ثلاثة اقسام :

آ — **السكريات الآحادية** : وهي ابسط السكريات ، منها سكر العنب الذي يوجد في الفواكه والعسل والدم وفي بول المصابين بداء السكر ، وسكر الثمار والغالاكتوز .

اجراء تجربة تبين وجود سكر العنب في تفاحة .

ب — **السكريات الثنائية** : وتتكون من اتحاد ذرتين من السكريات الاحادية ونذكر منها سكر القصب وهو السكر العادي المعروف ويوجد في قصب السكر والشمندر وسكر الشعير ويوجد في الشعير المنتش ثم سكر اللبن الذي يصادف في ابن الثدييات بصورة عامة .

حـ — **السكريات المتعددة** وتتكون من اتحاد عدة سكريات احادية (كما يدل عليها اسمها) وتبدو بأشكال عديدة كالنشا والسللوز ومولد السكر .

يصادف النشا كمدخر غذائي في كثير من النباتات كالبطاطا والحبوب (القمح والرز)، وهو يتألف من حبيبات تنتفخ بالماء مؤلفة ما يسمى بمطبوخ النشا .

ويتشابه النشا مع مولد السكر في كثير من الصفات لذا كثيراً مايسمى هذا الاخير النشا الحيواني لانه يتشكل في كبد الحيوانات . اما السللوز فهو يؤلف الجدار الخلوي في النباتات ولكنه لا يتمتع بقيمة غذائية اذ لا يهضم في الجسم لعدم توفر الخمائر الهاضمة الخاصة به .

٢ — **الدسم** : وتشكل مجموعة غير متجانسة من منشأ حيواني ونباتي ، وقد صنفت في زمرة واحدة لاحتوائها على حموض دسمة كجزء من ذرتها التي تكون غالباً معقدة ، وهي تشمل الشحوم والشموع والدسم الفسفورية والدسم السكرية والسترولات .

وتشكل السترولات جزءاً هاماً من المواد الحيوية اذ تشمل الحموض الصفراوية والكولسترول وبعض الحاثات كالتستوسترون والاستراديول وبعض حاثات قشر الكظر (الكورتيكوسترون) ، وتعتبر استرات الغليسرول أبسط المواد الدسمة وتسمى عادة بالدسم الحقيقية او المعتدلة ، واشهر الحموض الدسمة : حمض الزيت وحمض الشمع وحمض النخل . وتقسم الدسم الى قسمين رئيسيين :

آ الدسم الحيوانية . وهي مشتقات حيوانية (الخروف والخنزير والاسماك) تكون عادة صلبة في الدرجة الاعتيادية من الحرارة ، وقد يشذ عن ذلك بعضها كالتروبولثين الذي يكون سائلا حتى في درجة الصفر المئوية .

ب الدسم النباتية : وهي على نقيض الفئة الاولى سوائل زيتية كثيفة لزجة كزيت الزيتون وزيت بذور الكتان وزيت الخروع وزيت بذور القطن، ولشذ عنها زبدة الكاكاو التي تكون صلبة . ويجب ان نميزها بين الزيوت الدسمة وبين الزيوت الطيارة كعطر النعنع والاكاليبتوس وغيرها التي لا تمت الى المواد الدسمة بصلة .

وتوجد الدسم في البدن الحي بشكل مدخرات تشكل نسيجاً خاصاً يسمى النسيج الشحمي ويصادف في نواح متعددة من الجسم خاصة تحت الجلد . وتدخر الدسم ايضاً بين الطبقات العضلية وفي الدم واللبن (بشكل مستحلب) وفي خلايا الكبد ونقي العظام . وتعتبر الدسم مصدر قدرة حرورية ومدخراً لها لحين الحاجة ، وهي في هذا المجال تفوق السكريات والهيولينيات ، اذ يعطي الغرام الواحد من الدسم قدرة تعادل مايعطيه غرامان من السكريات أو الهيولينيات .

٣ — الهيولينيات : تعتبر الهيولينيات مركبات معقدة تتألف من وحدات ابسط تركيباً تدعى الحوض الامينية ، تماماً كما تتركب السكريات من اجتماع السكاكر الاحادية وهي مركبات رباعية تحوي الكربون والهيدروجين والاوكسجين والآزوت وقد تحوي احياناً الكبريت والفصفور والحديد واليود ، كما وتصادف في جميع الخلايا الحيوانية او النباتية اذ تعتبر الجزء الرئيسي فيها ، فللهيولينيات اذن مصدران : الاول حيواني (اللحم والاسماك ومشتقاتها كالبيض واللبن والجبن) والثاني نباتي يشمل الحبوب على انواعها ولا تحتوي البطاطا والنباتات الا القليل من الهيولينيات . والحيوانية منها أقرب بتركيبها الى هيولينيات جسم الانسان من الهيولينيات النباتية .

اجراء تجربة تعين وجود الهيولينيات في بعض المواد الغذائية :

تصنيفها : تصنف الهيولينيات عادة بحسب عدد الحوض الامينية التي تتألف منها . ولكن هذا التصنيف وان يكن سهلاً من الناحية النظرية فهو لا يعطي فكرة صحيحة عن الهيولينيات ، لذا صنفت هذه بحسب صفاتها الرئيسية الكيميائية او الفيزيائية .

فالهيولينيات القابلة للتخثر كالآحين والذي يصادف في المصورة واللبن والبيض والغلوتين والغليادين في الحبوب ، والهيولينيات الفوسفورية توجد في كل المشتقات الحيوانية ، والهيولينيات الصلبة في النسج الضامة القاسية كالشعر والاظافر والهيولينيات الملونة في خضاب الدم والعضلات والهيولينيات النووية في نوى الخلايا . وهذه الاخيرة تكون متحدة مع حمض عضوي معقد هو الحمض النووي ، وتعطي بعد تفككها بالعصارات الهاضمة واستقلابها فضلات اهمها حمض البول الذي يطرح مع البول والذي لا يعتبر من الهيولينيات رغم احتوائه عنصر الآزوت اذ لا يدخل في تركيبه حمض امبني واحد .

وتؤمن الهيولينيات النمو وترميم النسج اذ تعتبر الغذاء الوحيد الذي يحوي الكبريت والآزوت ، ولكن الزائد منها عن حاجة الجسم يستهلك كالسكاكر والدسم في سبيل توليد القدرة لان البدن لا يستطيع ادخارها .

الخمائر تطرأ على الاغذية في البدن الحي تفاعلات كيميائية غايتها تحرير القدرة الكامنة في الغذاء ، وتتم هذه التفاعلات في مرحلتين : الاولى في القناة الهضمية والثانية في الخلايا الحية ذاتها . فالذرات العضوية الكبيرة تتحطم الى ذرات اصغر فأصغر (وهذا مايسمى التحليل) ، ثم يعود البدن الحي فيبني من بعض هذه الذرات الصغيرة الاخرى كمصدر للقدرة .

ونستطيع في المختبر اجراء بعض هذه التفاعلات الكيميائية ، الا اننا نحتاج لاتمامها الى شروط قاسية كاستعمال الحموض او القلويات القوية او اللجوء الى الغليان مدة طويلة او غيرها من الطرق التي لا تتناسب مطلقاً مع شروط الحياة . اما في البدن الحي فتتم هذه التفاعلات بسهولة وفي درجة حرارة الجسم بواسطة عوامل كيميائية خاصة تفرزها الغدد اطلق عليها اسم الخمائر .

صفات الخمائر : تعتبر الخمائر مواد كيميائية ذات طبيعة هيولينية تستطيع بدء وتسريع التفاعلات الكيميائية في البدن الحي ، ويمكن استخلاصها من العصارات التي تحويها بترسيبها بالغول القوي ثم حلها في الماء او الغلوين . وتتميز بصفات خاصة نذكر منها :

١ - نوعيتها : يغلب ان تكون الخميرة نوعية لاتؤثر الا في مادة كيميائية معينة تسمى المادة المتأثرة ؟ فالخمائر المؤثرة في السكريات مثلاً لا تؤثر في الهيولينيات او الدسم . كما ان

الخميرة التي تؤثر في سكر معين ولا تؤثر في غيره من السكريات ، ويوجد في البدن والحالة هذه عدد كبير من الخمائر يناسب تنوع تركيب المواد الغذائية .

آلية تأثيرها : لا تزال آلية تأثير الخمائر غامضة حتى الآن ، انما يعتقد ان تأثير كثير من الخمائر لهاضمة يتم بواسطة الحلمأة (هيدروليز)،فتتحد المادة بتأثير خميرتها مع شوارد الماء (OH^- ، H^+) وينقسم المركب الى جزئين ، الاول يتحد مع شادرة (H^+) والثاني مع شاردة (OH^-) . فخميرة سكر القصب تحلل سكر القصب الى ذرة من سكر العنب وذرة من سكر الثمار . ومما تجب الاشارة اليه هو ان الخميرة لا تدخل كعنصر اساسي في التفاعل بل كعامل بالتماس يبقى على حاله بعد انتهاء التفاعل :

سكراز + سكر القصب + ذرة ماء ⇄ سكرعنب + سكر القصب + سكراز.

انقلاب عملها : قد ينقلب عمل الخميرة في بعض الشروط الخاصة فيسير التفاعل بالاتجاه المعاكس ، فالخميرة التي تحول سكر العنب الى مولد سكر تعود ، اذا توفرت لها الشروط الملائمة ، فتحول مولد السكر الى سكر العنب .

طلائع الخمائر : تكون الخمائر في الخلايا التي تفرزها بشكل طليعة خميرية اي بشكل غير فعال ربما بسبب اتحادها مع عامل مثبط ، فالهضمين مثلاً يكون بحالة مولد الهضمين في خلايا المشكلة ، ثم ينقلب الى شكل فعال اثر وصوله الى الامعاء،وقد لا يتم هذا الانقلاب الا بوجود عامل خاص يسمى مساعد الخميرة .

شروط عملها : تتأثر الخمائر من العوامل الفيزيائية والكيميائية . فيتوقف عملهـــا في درجة الصفر وتتلف بالغليان وتبلغ اوج نشاطها في درجة فضلى (٤٠° – ٦٠°) ، كما ان لتفاعل الوسط تأثيراً كبيراً عليها فبعضها لا يعمل الا في الاوساط الحامضة بينما يفضل البعض الآخر الاوساط القلوية . ويحتاج بعض الخمائر لبدء عمله الى شوارد معدنية معينة فخميرة تخثر الدم لا تعمل الا بوجود شاردة الكلسيوم (Ca^{++}) .

تصنيف الخمائر الهاضمة : تصنف الخمائر الهاضمة حسب نوع الغذاء الذي تؤثر فيه .

١ – الخمائر الحالة للسكريات : هي تحلمئ السكريات ويعتبر لها نوعان :

آ ــ خمائر السكاكر المتعددة : وتحول النشا الى سكر ميمن وسكر شعير ونذكر منها خميرة البتيالين اللعابية والآميلاز المشكلية .

ب ـ خمائر السكاكر الثنائية : وتميه السكاكر المركبة الى سكاكر بسيطة (احادية) ونذكر منها المالتاز والسكراز واللاكتاز ، وهي تحول سكر الشعير الى سكر العنب وسكر القصب الى سكر العنب وسكر ثمار وسكر اللبن الى غالاكتوز وسكرالعنب .

٢ - الخمائر الحالة للدسم : وتحلىء الدسم الى حموض دسمة وحلوين وتوجــــد في العصارات الهاضمة .

٣ الخمائر الحالةللهيوليفيات : وتحلىء الهيولينيات الى مركبـــات ابسط تختلف بحسب الخميرة المؤثرة . فالهيولينيات تتحلل الى آحوزات ثم الى هضمونات ثم الى كثيرات المضميد واخيراً الى حموض آمينية . ونذكر من هذه الخمائر المضين المعدي والمضين الثلاثي المشكلي .

الفيتامينات

لقد تبين بالتجربة ان الرواتب الغذائية النظامية والكاملة على الرغم من كمالها كمية ونوعاً لاتكفي لضمان توازن الجسم ونموه . اذ يحتاج الشخص لاتمام تغذيته لى تنـــاول مواد مؤثرة تؤثر فيه بكمية قليلة جداً تأثيراً كبيراً وهي مواد لايستطيع جسمه تركيبهـــا ، اطلق عليها اسم الحيمينات ويفضي نقصها الى اضطرابات اغتذائية عميقة الاثر قد تؤدي الى الموت.

وقد طرحت قضية الحيمينات لاول مرة على بساط البحث في عام١٨٩٧ بمناسبة كشف مرض يدعى الهزال الرزي (البري بري) انتشر في بلاد الشرق الاقصى حيث يتغـذى السكان بالارز المقشور . ويتصف هذا المرض بشلل في الطرفين السفليين وبضمور في العضلات واختلالات في القلب والرئتين تفضي الى الموت اذا لم يدرك المريض بالمعالجة المناسبة وقــد لوحظ ان السكان الذين يتغذون بالارز الكامل (بقشره) يفلتون من الاصابة بهـذا الداء الوبيل ، لذا عولج المرض في البدء باعطاء المصابين مسحوق قشر الارز فكان النجاح حليف هذه المعالجة في اكثر الحالات .

وقد غذي عدد من طيور الحمام بالارز المقشور فقط فقدظهرفيهاشكل عصبي من الهزال الرزي سمي التهاب الاعصاب التجربي كفت لشفاءه اضافة مسحوق قشر الارز الى طعام الطيور المصابة . وقد اجريت تجارب اخرى استعملت فيها انواع مختلفة من الحبوب المقشرة ادت كلها الى نتائج مماثلة . فاستنتج ان في قشرة الحبوب المهملة من حيث القيمة الغذائية ، مادة تؤثر بكمية ضئيلة لايستطيع البدن الاستغناء عنها سميت الحيوين (لانهم كانوا يظنون انها خمائر حية لايستطيع تركيبها) ، وسمي الهزال الرزي والتهاب الاعصاب والامراض المشابهة امراض نقص الغذاء . او نقص الحيوين .

وقد حدثت اعراض مماثلة باعطاء الحيوانات اطعمة معقمة بدرجة ١٢٠ فاستنتج ان الحيمينات تتلف بالحرارة الشديدة لذا تفقد من اللحوم المقددة والخضار والثمار المحفوظة والخ . وقد كشفت انواع كثيرة من الحيمينات لامجال لذكرها هنا .

جهاز الهضم

ينشأ جهاز الهضم من الوريقة الباطنة ويشتمل على قسمين :

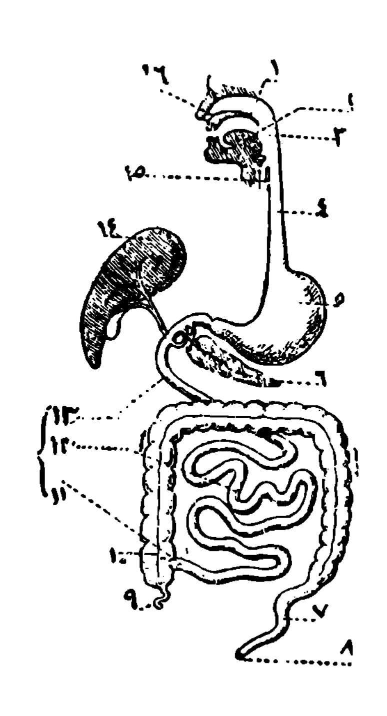
١ - انبوب الهضم وهو مجموعة من الاجواف تتوالى بانتظام منذ الفم حتى الشرج .

٢ - الغدد الهاضمة وهي غدد تفرز سوائل تدعى العصارات الهاضمة تهضم الاغذية .

انبوب الهضم

يتألف انبوب الهضم من عدد من الاجواف نذكرها بترتيب : الفم ، والبلعوم والمري ، والمعدة والامعاء الدقيقة والغليظة .

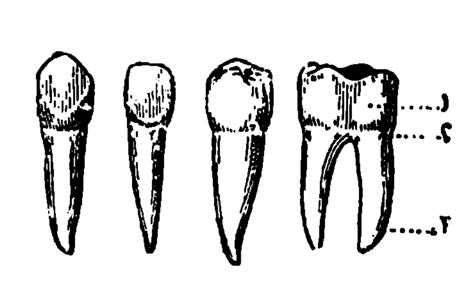
الفم : هو جوف مبطن بغشاء مخاطي ، يتصل بالامام بفتحة مجهزة بشفتين متحركتين ويفصله في الوراء عن البلعوم شراع الحنك ونشاهد في الفم الاسنان واللسان .



شكل (١٦٥) جهاز الهضم

١ - الحفاف (شراع الحنك)
٢ - اللسان
٣ - البلعوم
٤ - المريء
٥ - المعدة
٦ - المعثكلة
٧ - المستقيم
٨ - الشرج
٩ - الزائدة الدودية
١٠ - المعي الغليظ
١١ - الدقاق
١٢ - الصائم
١٣ - العفج - (الاثنا عشري)
١٤ - الكبد
١٥ - الرغامى
١٦ - الحفرتان الانفيتان

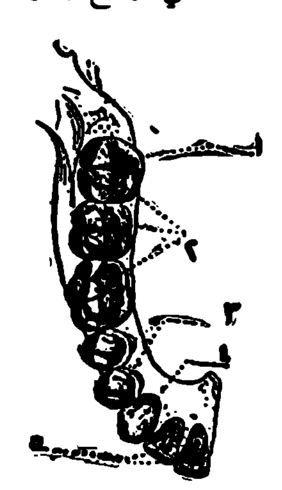
الاسنان : هي قطع صلبة صغيرة منغرسة في الحافة الحرة من الفكين . وللاسنان اشكال مختلفة فهي قواطع وضواحك وارحية .



شكل (١٦٦) انواع الاسنان

من اليسار الى اليمين ناب ، قاطعة ، ضاحكة ، رحى صغيرة

١ ـ تاج ٢ ـ عنق ٣ ـ جذر



شكل (١٦٧) الاسنان في نصف فك سفلي

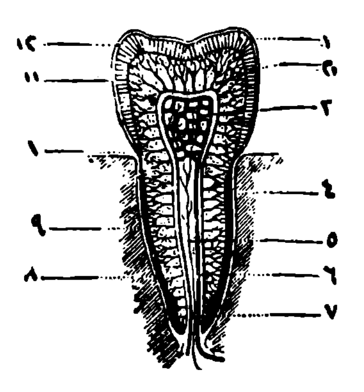
١ ـ ناجذة ٢ ـ ارحية ٣ ـ ضاحكتان ٤ ـ ناب ٥ ـ قاطعتان

ويوضح الدستور التالي عدد الاسنان حسب اشكالها في كل من الفكين :

$$\text{ق}\ \frac{٤}{٤} + \text{د}\ \frac{٢}{٢} + \text{ض}\ \frac{٤}{٤} + \text{أ}\ \frac{٦}{٦} \ . \ (١)$$

وينطبق هذا الدستور على الكهول فقط الذين تمت اسنانهم ، اما الاطفال فأسنانهم الاولى عشرون وتسمى بالرواضع ودستورها :

$$\text{ق}\ \frac{٤}{٤} + \text{د}\ \frac{٢}{٢} + \text{ض}\ \frac{٤}{٤} \ . \ (٢)$$



شكل (١٦٨) مقطع قائم في سن
١ ـــ ميناء ٢ ـــ عاج ٣ ـــ لب ٤ ـــ ملاط
٥ ـــ عصب ٦ ـــ شريان ٧ ـــ وريد ٨ ـــ
سنخ ٩ ـــ ١٠ ـــ عنيق ١١ ـــ تاج ١٢ ـــ قشيرة

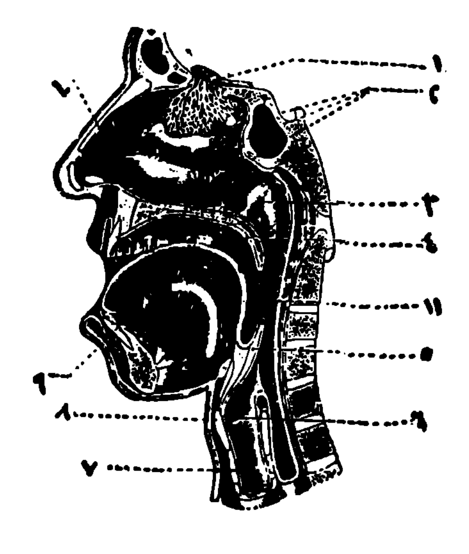
وتبدأ الاسنان عادة في الشهر السادس او السابع من عمر الطفل ، وتكتمل في تمام السنة الثانية بحسب الدستور رقم (٢) ثم تسقط الرواضع بين السنتين السابعة والثالثة عشرة وذلك بضمور جذورها تدريجياً تتخلخل ، فتكفي لاقتلاعها من اللثة صدمة بسيطة وتنبت بعدها الاسنان الدائمة بنمو براعم مدفونة في باطن الفك . ولا تنبت النواجذ الا متأخرة بعد العشرين والثلاثين من العمر ، ويسميها بعضهم اضراس العقل . وقد لاتنمو ابداً .

رم الاسنان : تتشقق الميناء على اثر صدمة ، او تبدل فجائي في الحرارة ، كما في أكل الجمدات وشرب المبردات ، فتمر من خلالها السوائل الحامضة والجراثيم فتؤثر في العاج وتأكله ويفضي ذلك الى انكسار السن ويجتنب رم الاسنان او يؤخر على الاقل بالنظافة التامة.

البلعوم : وهو جوف يحده في الامام الحفاف (شراع الحنك) واللهاة ، وفي الجانب

التوا آن ، يدعيان بسويقتي الحفاف (أمامية وخلفية) بينها كتلة بحجم اللوزة ، تدعى اللوزة الحنكية ، ويحده في الوراء العمود الفقري الرقبي الذي ستره مخاطيـــة البلعوم وهو يتصل في العالي بالبلعوم الانفي ، وفي الاسفل في الامام بالحنجرة ، وفي الوراء بالمريء. فهو اذن ملتقى تلتقي فيه الطرق الفمية و لانفية والرغامية (مع الحنجرة) والمريئية . ولشاهد على جدرانه عضلات حمر مخططة تجتمع حزماً دائرية عاصرةاومضيقةطوليةرافعة.

المريء : يتلو البلعوم وهو انبوب طوله ٢٦ سم ، وقطره ٣ سم ، ينزل بمحاذاة العمود الفقري ويخترق معه الحجاب الحاجز لينتهي الى المعدة ويتألف جدار المريء من ثلاث اقمصة. نذكرها من الباطن الى الظاهر :



شكل (١٦٩) مقطع قائم في الرأس والعنق
١ - عصب الشم ٢ - القرنيات
٣ - نفير اوستاش ٤ - اللهاة
٥ - لسان المزمار ٦ - المزمار
٧ - الرغامى ٨ - الغضروف الدرقي
٩ - اللسان ١٠ - الحفرتان الانفيتان

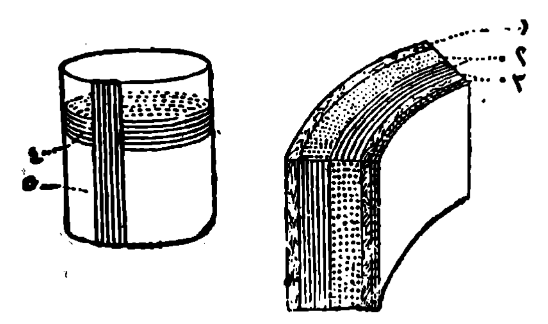
١ - قميص بشرية مكونة من خلايا رصفية مطبقة يبطنها نسيج ضام يـــدعى مخاطية المريء .

٢ - قميص عضلية فيها نوعان من الالياف :

آ - الياف دائرية في لداخل .

ب - الياف طويلة في الخارج .

وهذه الالياف مخططة بالقرب من البلعوم ، ملساء في الاقسام الاخرى ويفضي تقلصها الى تضييق لمة المريء والى تقصير طوله .



شكل (١٧٠) بنية جدار المريء
١ ـــ القميص الضامة
٢ ـــ القميص العضلية
٣ ـــ القميص المخاطية
٤ ـــ الياف دائرية
٥ ـــ الياف طولية

٣ - قميص ضامة محيطية ليفية ورقيقة ،

وفي المريء غدد صغيرة تفرز مخاطاً ينصب بقنوات خاصة على الوجه الباطن للمريء . ونشاهد مثل هذه البنية في سائر اقسام الانبوب الهضمي .

المعدة : هي جوف واسع يبلغ حجمه وسطياً ١٢٠٠ سم٢ ويقطع قائماً تحت الحجاب الحاجز في أعلى الخاصرة اليسرى . ويتصل بالمريء بفوهة تدعى الفؤاد تدخل منها الاطعمة، وتتصل المعدة بالامعاء بفوهة تدعى البواب تخرج منها الاطعمة ، وللبواب دسام ، يدعى الدسام البوابي مؤلف من حوية فيها مصرة عضلية . يغلق تقلصها فوهة البواب ، كما يغلق الحبل فم الكيس . وللمعدة انحناء كبير وانحناء صغير ،كما تنفتح المعدة في اليسار بالقرب من الفؤاد مشكلة جيب الهواء . وقد تكون كمية الهواء المزدرد مع الاطعمة كبيرة جداً فتحدث اضطرابات مختلفة منها الخفقان والجشاًن والثقل واضطراب نظم القلب والخ ..

أما جدار المعدة فيبلغ ثخنه ٢ ـ ٣ مم . ويشتمل من الباطن الى الظاهر على الاقسام التالية:

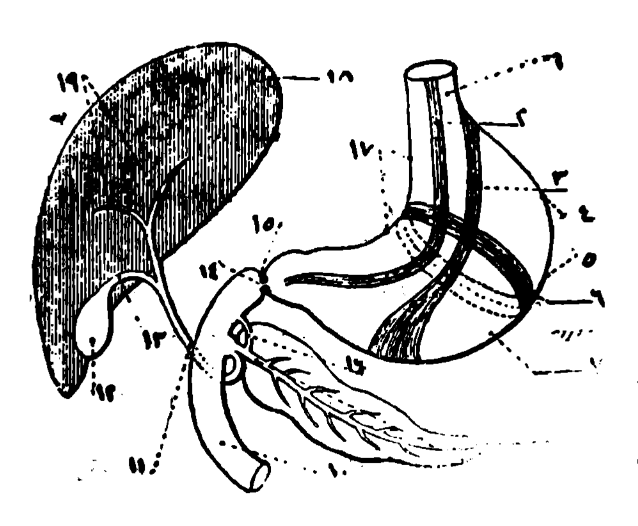
١ ـ بشرة خلاياها على شكل موشور يضاعفها نسيج ضام تدعى مخاطية المعدة ، لونها وردي وفيها ثنيات كثيرة المدد ، توسع سطحها وتحتوي على غدد صغيرة (الغدد المعدية) تفرز عصارة تدعى عصارة المعدة .

٢ - قميص عضلية ملساء مؤلفة من ثلاثة أنواع من الالياف .

آ- الياف ائرية تتقلص فتضيق المعدة .

ب ــ الياف طولية تتقلص فتقصر المعدة .

ج ــ الياف مائلة تنشأ من الفؤاد وتنتشر على سطح المعدة كالوشاح ، فتساعد ، متى تقلصت ، على مزج الاطعمة بالعصارة . وتشترك هذه التقلصات معاً فتعطي المعدة اشكالاً مختلفة حين العمل .



شكل (١٧١)
المعدة مع الكبد والمشكلة
١ ــ الفؤاد ٢ ــ عضلات طولية
٣ عضلات مائلة ٤ ــ الانحناء الكبير
٥ ــ عضلات دائرية ٦ ــ المعدة ٧ ــ المعدة
٨ ــ المشكلة ٩ ــ قناة فيرسنغ ١٠ ــ المعاء
١١ ــ قناة جامعة ١٢ ــ مرارة
١٣ ــ القناة المرارية ١٤ ــ البواب
١٥ ــ الدسام البوابي ١٦ ــ قناة مشكلية اضافية ١٧ ــ الانحناء الصغير
١٨ ــ الكبد ١٩ ــ القناتان الكبديتان

٣ ــ قميص مصلية تحيط بالسطح الظاهر من المعدة وهي وريقة من الباريطون . اما الاحشاء المحيطة بالمعدة فتجاور المعدة في اليمين الكبد وفي اليسار والوراء الطحال ، وفي الاسفل المعشكلة (البانكرياس) .

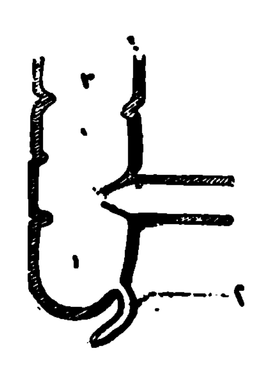
المعي الدقيق : يتلو المعدة انبوب طويل ، طوله ثمانية أمتار تقريباً ، وقطره ٣ سم ، يدعى المعي الدقيق ولا يستطيع البطن ايواءه ، لذا يلتوي على نفسه التواءات عديدة ، تدعى التلافيف المعوية . ويقسم المعي الدقيق الى ثلاثة اقسام :

١ ــ العفج او الاثنا عشري ، ويبلغ طوله ١٥ سم (١٢ اصبعاً) وهو القطعة التي تلي المعدة مباشرة .

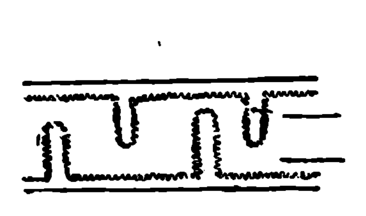
٢ ــ الصائم : ويشتمل على القسم الاكبر من المعي .

٣ ــ الدقاق : وهو القطعة الاخيرة من المعي الدقيق ، وتنفتح على الاعور بفوهة مجهزة بشفتين تكونان دساماً يدعي الدسام الدقاقي الاعوري ، أو دسام بوهن ويسمح هذا

الدسام بمرور المواد من الدقاق الى الاعور ويمنع عودتها بالاتجاه المعاكس .



شكل (١٧٢) الدسام الدقاقي الاعور
١ - الدسام ٢ - الزائدة الدودية
٣ - القولون ٤ - الاعور



شكل (١٧٣) الدسامات المداخلة والزغابات
في المعي الدقيق
١ - دسامات متداخلة ٢ - زغابات

وتبرز في سطح المعي الباطن ، صفائح او انثناءات ، تدعى الدسامات المتداخلة ، وتعد منها ، في سطح الامعاء كلها ثمانماية التواء تقريباً . وتكسو هذا السطح الباطن أوبار لايجوز طولها مليمتراً واحداً . فتعطيه ملمساً مخملياً وتدعى الزغابات . ولهذه الزغابات شأن كبير في امتصاص الاغذية ، وتفضي الزغابات والدسامات المتداخلة الى توسيع سطح الامعاء توسيعاً كبيراً . وترصع سطح الامعاء الباطن أيضاً هنا وهناك ، كتل غدية من الكريات البيض ، تبرز تحت سطح الغشاء المخاطي ، وتدعى الاجربة المسدودة ،وهي تشبه في بنيتها العقد البلغمية ويبلغ ثخن جدار الامعاء ٢ - ٣ مم وهو يتألف كجدران سائر اقسام انبوب الهضم من :

آ ـ قميص مخاطية تحتوي على عدد من الغدد الدقيقة (الغدد المعوية) تفرز العصارة المعوية .

ب ـ قميص عضلية عضلاتها ملس دائرية وطويلة ، تتقلص فتحدث حركات حولية.

ج ـ قميص ضامة مصلية تدعى المساريقا،وهي قطعةمن الباريطون تحيط بالوجه الظاهر من الامعاء وسنأتي على ذكر الزغابات مفصلا مع صورتها البيانية في بحث الامتصاص .

المعى الغليظ : يصب المعى الدقيق كما رأينا في المعى الغليظ ، والمعى الغليظ انبوب قطره ١٠ سم ، وطوله ١٥٠ سم تقريباً ، يميز بسهولة بضخامته وبسطحه المحدب ، الذي ينتفخ انتفاخات تفصل بينها اختناقات . وهو يبدأ في الحفرة الحرقفية اليمنى ، بقطعة كقعر الكيس تدعى الاعور ، في اسفلها انبوب لحمي رفيع مغلق يدعى الزائدة الدودية. وتعتبر الزائدة قطعة معوية ضامرة ، تكون في بعض الاحيان مقراً لالتهابات خطرة ، تستدعي المبضع وقطع الزائدة الملتهبة .

ويتمادى الاعور في العالي بالقولون ، الذي يصعد في البدء بمحاذاة الخاصرة اليمنى (القولون الصاعد) ثم ينعطف فيصبح افقياً (القولون المعترض) ، ثم ينزل في اليسار بمحاذاة الخاصرة اليسرى (القولون النازل) ويتصل بقطعة تشبه حرف (س) منكس ، تدعى السين الحرقفية ، تنتهي بقطعة قائمة ، تدعى المستقيم وفي نهايتها فوهة تدعى الشرج.

اما بنية المعى الغليظ فتشبه بنية المعى الدقيق ، بيد ان القميص العضلية فيه تنقسم الى ثلاث عصائب ضيقة طولية ، تنشأ الانتفاخات من المناطق التي تفصل بينها . وليس في الغشاء المخاطي هنا زغابات ولا غدد هاضمة ، انما توجد فيه غدد مخاطية فقط تفرز مخاطاً يسهل انزلاق المواد .

نستنتج مما تقدم أن بنية الانبوب الهضمي واحدة في سائر أقسامه ، فهو يتألف من ثلاثة اقمصة : قميص مخاطية مبطنة ، وقميص عضلية متوسطة ، وقميص مصلية ظاهرة.

فيزيولوجيا الهضم

١ - الهضم الفمي

متى دخل الطعام الى الفم خضع لعاملين . عامل آلي وهو المضغ وعامل كيميائي هو اللعاب (الهضم اللعابي) ويتم المضغ بواسطة الاسنان بينما الهضم اللعابي بواسطة مفرزات الغدد اللعابية .

المضغ : تقطع الاسنــان الاغذية إرباً وتسحقها بفضل حركات الفك السفلي ، وهي حركات رفع وخفض وطحن . وتقوم بتحريك الفم عضـــلات تدعى العضلات الماضغة. ومن البديهي ان المضغ الجيد يسهل هضم الاغذية ، اذ نعرف جيـداً ان المضغ النـاقص يحدث كثيراً من الآفات المـدية المعوية وسوء الهضم . اما مركز المضـغ فهو في البصلة السيسائية .

الغدد اللعابية : وهي كتل من نسيج غدي تعد ثلاثة ازواج وتستقر داخل التجويف جانب الفمي ، ثلاثة في كل جانب :

١ــ ١ **الغدةالنكفية** :وتقع اسفل وامام الأذن ويؤدي التهابها الى النكاف (ابي كعب) وهي اكبر الغدد اللعابية حجما وافرازها مصلي غير لزج يفرع بواسطة قنـاة ستينون التي تصب حذاء الضاحك الثاني العلوي .

٢ ــ **الغدة تحت الفك** : وتقرب بحجمهـــا الجوزة الصغيرة وتستقر تحت عظم الفك السفلي وأنسيه حذاء جذر نتوءه الصاعد . اما افرازها فمختلط (مصلي مخـاطي) يفرغ بواسطة قناة وارطون تصب في ارض الفم حذاء نهاية لجام اللسان الامامية .

٣ ــ **الغدة تحت اللسان** : وهي اصغر الغـدد حجما وتقع وحشي لجـام اللسان فتشكل جسراً بين اللثة واللسان ، وهي مستورة بغشاء مخاطي وافرازها مختلط ايضاً .

وهنالك بالاضافة الى هذه الغدد تشكلات غدية اخرى وافرازهـا مخاطي يرطب الطعام ويجعله قابلاً لتتكتل لقمة واحدة . وتتوزع التشكلات المذكورة تحت الغشاء المخاطي للشفة والخدين والحنك .

اللعاب : وهو خليط من مفرزات الغدد اللعابية بشكل سائل لزج عتم معتدل التفاعل تقريباً وذو وزن نوعي ضئيل . ويدخل الماء في تركيب اللعـاب بنسبة كبيرة (٩٩ ٪) ، اما العناصر الاساسية فهي خميرة اللعـابين (بتالين) ومادة المخاطين واثراً من الأملاح غير العضوية ،وتميل املاح الكلسيوم الموجودة في اللعاب الى الترسب داخل القنوات اللعابية (حصيات) أو على الاسنان (قلح) .

الهضم اللعابي : ويتم امتزاج اللعاب بالطعام المزدرد وذلك بفضـل خميرة اللعابين التي

لاتؤثر الا في المواد النشوية والتي لا تعمل الا في وسط يقرب تفاعله من الاعتدال . ويستمر تأثير الخميرة المذكورة حتى بعد وصول اللقمة الطعامية الى المعدة . لان العصارة المعدية الحامضة لاتمتزج بكامل هذه اللقمة الا بعد مدة من الزمن . والهضم اللعابي قليل الشأن عادة اذ لا يبقى الطعام في الفم الا لمدة وجيزة . اما خميرة اللعابين فهي تحول النشاء الى سكر ميمن ثم الى سكر شعير .

وظائف اللعاب : وهي فيزيائية وكيميائية ؛ فاللعاب :

١ – يرطب الفم واللسان والشفتين والبلعوم فيساعد بذلك على الكلام .

٢ – ويرطب الطعام ويجعله قابلاً للتكتل لقمة واحدة جاهزة للبلع .

٣ – ويساعد على انحلال الاطعمة التي تؤثر بعد ذلك على البراعم الذوقية في اللسان محدثة حس الذوق .

٤ – ويؤثر على المواد النشوية فيحولها الى سكر ميمن (دكسترين) .

٥ – واخيراً ، فان اللعاب يقوم الى حد ما بتنظيف الفم (يتسخ اللسان اثناء الحميات لنقص افراز الغدد اللعابية) .

(اجراء تجربة تبين تأثير اللعاب على النشاء المطبوخ) .

التأثير العصبي على اللعاب : ينشط افراز الغدد اللعابية بتأثير رائحة الطعام او منظره خاصة اذا كان شهياً ويتم ذلك بتأثير منعكس نفسي ، ويزداد الافراز عند تنبه البراعم الذوقية في اللسان .

٢ – الهضم المعدي

يحدث الهضم في المعدة بتضافر عاملين : كيميائي وهو العصارة المعدية التي تفرزها الغدد المعدية ، وآلي هو مزج الطعام بهذه العصارة ويتم بفضل حركات المعدة .

الغدد المعدية : هي غدد صغيرة جداً كبيرة العدد (٦ – ٧ ملايين) تستبطن غشاء المعدة المخاطي ، وهي انبوبية بسيطة أو مركبة تكثر في قعر المعدة وتتألف من نوعين من الخلايا : خلايا صغيرة شفافة تحدد لمعة الغدة وتدعى **الخلايا الاصلية** ، وخلايا كبيرة قائمة

حبيبية ، تبدو متفرقة هنا وهناك في وحشي جدر المعدة ، وتدعى الخلايا الهامشية .وينعدم وجود هذه الاخيرة قرب البواب . ويعتقد ان الخلايا الاصلية تصنع خميرة الهضمين وان الخلايا الهامشية تصنع حمض كلور الماء .

العصارة المعدية : وهي مجموعة افرازات الغدد المعدية ، ويمكن الحصول عليها بعصها عبر انبوب يدخل الى المعدة عن طريق الفم .

آ — تركيبها : العصارة المعدية سائل رائق عديم اللون يدخل في تركيبه حمض كلور الماء وخميرة حالة للهيولينيات (هضمين) وكمية من المخاط مع حاثة خاصة هي المعدين (غاسترين) . ويعتبر البعض ان العصارة المعدية تحوي خمائر اخرى : كالصابوناز (اللبياز) التي تؤثر في الدسم والانفحة التي تؤثر في اللبن ،وقد وجد ان مصدر الخميرة الاولى عفجي وان الخميرة الثانية لا توجد الا في معد الاطفال وصغار الحيوانات اللبونة .

ب — وظائفها : تؤثر العصارة المعدية في جميع انواع الاغذية على النحو التالي :

١ — تؤثر خميرة الهضمين بوجود حمض كلور الماء في الهيولينيات فتهضمها جزئياً حسب المراحل التالية :

آحين ← هيولينيات حامضة ← آحوزات ← هضمونات .

٢ — يساعد حمض كلور الماء على تركيب الهضمين وقتل الجراثيم في المعدة .

٣ — تسبب خميرة الهضمين تخثر اللبن بتحويلها مولد الجبنين المنحل الى جبنين مترسب، وتقوم خميرة الانفحة بهذا العمل في معد الاطفال . وربما كانت الغاية من هذا الفعل تأخير انفراغ اللبن من المعدة حتى يهضم .

اجراء تجربة تبين تأثير الهضمين على آح البيض.
اجراء تجربة تبين تأثير الانفحة على الحليب.

٤ — تفرز حاثة المعدين من الغشاء المخاطي في كل المعدة (منطقة البواب) والمفج ، وتؤثر هذه الحاثة بعد وصولها الى الدم على الخلايا الغدية في المعدة فتحثها على الافراز .

٥ — يفرز الغشاء المخاطي المعدي عنصراً آخر هو عامل كاسل الداخلي الذي يساعد على امتصاص الحيمين ب ١٢ (عامل كاسل الخارجي) . ويختزن الحيمين المذكور في

الكبد ، ووظيفته تنشيط صنع الكريات الحمر ، لذا ترافق استئصال المعدة في الانسان بفاقة دموية .

حـ — نواظم الافراز المعدي : وهي على نوعين ، عصبية وكيمائية :

التاثير العصبي : يزداد النشاط الافرازي في المعدة عند رؤية الطعام او شم رائحته او مجرد التفكير به ، بينما ينقص كثيراً اثناء الانفعالات النفسية كالقلق والحزن،ويكون ذلك بتأثير منعكسي نفسي .

التاثير الكيميائي : ويتجلى تأثيره لمدة اطول من السابقة ، ويتم بفضل حاثة المعدين التي تفرز بمجرد ملامسة حاصلات الهضم مخاطية البواب . ويلاحظ ان الدسم تثبط افراز المعدين وتأثيره . وربما كان ذلك بسبب انطلاق حاثة اخرى الى الدوران تسمى الانتروغاسترون . وتزيد المواد المشابهة للأستيل كولين (المقلدة لنظير الودي) في نشاط الافراز المعدي .

حركات المعدة : وتختلف بطبيعتها عن حركات الفم والمريء وتدرس هذه الحركات بالتنظير الشماعي خلف الدريئة المتفلورة بعد اعطاء الشخص وجبة من كبريتات الباريوم الظليلة بالنسبة للأشعة السينية،كما تدرس في الحيوانات بعدفتح البطن ورؤية المعدة مباشرة. وتنطبق جدران المعدة على بعضها حين خلوها من أية مادة طعامية ، وحين وصول الطعام تسترخي عضلات المعدة لتتلاءم مع حجمه . وتبدو المعدة على الدريئة الشعاعية بشكل حرف (ل)، ولا تظهر على نصفها العلوي اية حركة بينما تبدأ من منتصفها موجات من التقلصات تدفع البواب امامها من وقت لآخر لتسمح لكمية من الطعام بالوصول الى المفج .

وتختلف مدة انفراغ المعدة باختلاف نوع الطعام المزدرد ، فالطعام المؤلف من كمية من الحبوب المسلوقة لا يبقى في المعدة اكثر من ساعتين ، بينما تبقى الدسم مدة اطول نسبياً وتبقى مصرة البواب مسترخية عند خلو المعدة من الطعام وتستمر كذلك حتى بعد شرب السوائل التي تصل هكذا الى المفج بسرعة. ويسمح استرخاءالمصرة البوابية بوصول مفرزات المفج الى المعدة وهذا مايعرف بالعكس البوابي .

نواظم التقلصات المعدية : وهي ذات طبيعة معقدة لا زال معظمها غامضاً . ومما لا شك فيه ان العامل المسيطر فيها هو العصب المبهم وان لم تتضح بعد آلية تأثيره . ويبدو ان لهذا التأثير علاقة بمحتوى المعدة .

وقد تنفرغ المعدة من الفم بدلاً من البواب ويسمى انفراغها هذا قيئاً ويحدث ذلك بتأثير تقلصات انعكاسية في كل من المعدة والمريء تدفع بالطعام الى الفم .

نتائج الهضم المعدي : الكيموس :

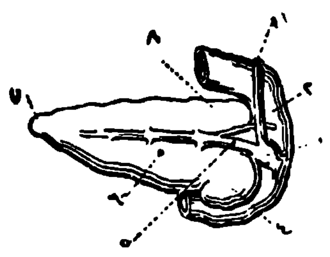
يطلق على الاطعمة المجتمعة في المعدة اسم الكيموس وهو يشتمل على :

١ ـ نشويات مختلطة باللعاب الذي يكمل فعله فيها . ٢ ـ دسم لا يؤثر فيها مؤثر في المعدة الا اذا كانت مستحلبة . ٣ آحوزات وهضمونات نشأت من هضم المواد الآحية . ٤ ـ سكريات لاتفعل فيها عصارة المعدة. ٥ ـ ماء واملاح معدنية . ويكون الكيموس في البدء عجينياً ثم يتميع تدريجياً ويصبح حامضاً . ومتى بلغت الحموضة درجة معينة اثر الحامض في مخاطية البواب فاسترخت مصرته وسال منها الكيموس مدفوعاً الى العفج بتقلصات المعدة بدفعات متتالية.

الهضم المعوي

تتقدم الاغذية في المعي الدقيق بفضل الحركات الحولية ، وتفعل فيها في طريقها ثلاثة انواع من العصارات: العصارة المعثكلية والصفراء والعصارة المعوية .

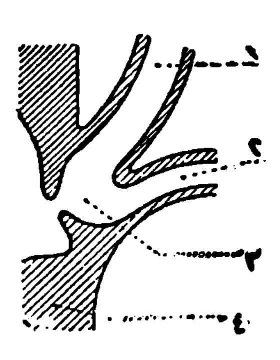
أولاً ـ **المعثكلة (البانكرياس)** هي غدة عنقودية تقع وراء المعدة والى الاسفل قليلا منها. لها رأس ضخم يسكن في عروة العفج وجسم يرق تدريجياً وينتهي في اليسار بالقرب من الطحال بذنب دقيق. وتنصب مفرزات المعثكلة في العفج بواسطة قناة وارسونغ المعثكلية . وتشترك قناة وارسونغ مع القناة الجامعة الكبدية بمصب



المعثكلة شكل (١٧٠)
١ ـ القناة الجامعة ٢ ـ العفج ٣ ـ مجل واتر ٤ ـ رأس المعثكلة ٥ ـ قناة معثكلية ٦ ـ جسم المعثكلة ٧ ـ ذنب المعثكلة ٨ ـ القناة اللاحقة .

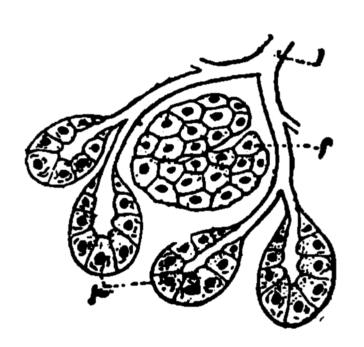
واحد يدعى مجل واتر . واذا دققنا في مقطع رقيق من النسيج المعثكلي وجدنا أن

المعثكلة تتألف من عناقيد غدية تتصل بالقنوات المفرغة ، ومن كتل مدورة ، خلاياها حبيبية لاتتصل بهذه القنوات ابداً وقد اطلق على هـذه الكتل التي تشبه جزراً منبثة بين العناقيد اسم جزر لانغرهانس ، وهذه الجزرغدد صم تفرز الانسولين وهي مادة لها شأن كبير في حرق السكريات كما سنرى فيما بعد . ويطلق على مفرزات المعثكلة المنصبة في العفج اسم العصارة المعثكلية .



شكل (١٧١) مجل واتر
١ ـــ القناة الجامعة (كوليدوك)
٢ ـــ قناة ويرسونغ ٣ ـــ مجل واتر
٤ ـــ العفج (الاثنا عشري)

افراز العصارة : يتم افراز العصارة المعثكلية بتأثير التنبيه الذي يحدثه الكيموس الحامض في مخاطية العفج . اذ تفرز هذه المخاطية متى لامستها عصارة المعدة الحامضة ، مادة تدعى الافرازين تمتصها الاوعيـــة الدموية فتصل بطريق الدم الى المعثكلة ، وتحض خلاياها على الافراز ، وهكذا تسيل من قناة المعثكلة عصارة غزيرة . ونطلق على المواد الحاضة على الافراز كالافرازين اسم الحاثات (الهرمونات)



شكل (١٧٢) قطعة من معثكلة تحت المجهر
١ ـــ قناة الافراغ ٢ ـــ جزيرة لانغرهانس
٣ ـــ عنبات غدية (افراز خارجي)

٣ ـــ **تركيبها :** هي سائل لزج تفاعله قلوي ويحتوي على ماء واملاح معدنية (كلورو وفوصفات وكربونات قلوية) واربعـــة خمائر: خميرة النشا (اميلاز) وخميرة الشعير (مالتاز) والصابوناز (ليباز) المعثكلية ، والمضمين الثلاثية (تريبسين) .

٤ ـــ **تأثيرها في الاغذية :** أ ـــ تأثير خميرة النشا : تهضم هذه الخميرة المواد النشوية أولاً الى عجينيات (ديكسترين) ثم الى سكر شعير ويشبه تأثيرها هذا تأثير خميرة اللعاب

بيد ان خميرة النشا أقوى بكثير من خميرة اللعاب اذ يتناول تأثيرها النشا النيء الذي لاتؤثر فيه خميرة اللعاب .

ب — تأثير خميرة الشمير : تهضم هذه الخميرة سكر الشمير الحاصل من تأثير الخميرة السابقة فتحوله الى سكر عنب .

ج — تأثير الصابوناز : تجربة تأثير اللياز المشكلية على زيت الزيتون . تهضم الصابوناز او اللياز المواد الدسمة فتحولها في البدء الى مستحلبات فاذا اضفنا قطرة من عصارة المشكلة الى قليل من الزيت حصلنا على سائل ابيض لبني ، يسمى مستحلب الزيت . ثم تؤثر الصابوناز في هذه المستحلبات الدسمة فتحللها الى حلوين والى حموض دسمة مثلاً .

ليباز + زيت + ماء = حلوين + حامض زيت

وتؤثر كربونات الصوديوم الموجودة في العصارة المشكلية ، في قسم من هذه الحموض الدسمة فتحوله الى صابون مثلاً :

حامض زيت + كربونات صوديوم = صابون (زيتات الصوديوم) + ماء .

فنلاحظ هكذا أن الدسم تستحلب وتتصبن فتتحول الى حلوين وحموض دسمة وصابون. وسنرى فيما بعد أن الصفراء تسهل عمل الصابوناز المشكلية وتؤهب له .

تأثير الهضمين الثلاثية (التريبسين): تؤثر هذه الخميرة في المواد الآزوتية فتشبه بذلك هضمين المعدة ، بيد أنها أقوى منها بكثير . وهي تحلل المواد الآحية الى آحوزات وهضمونات ثم تحولها الى حموض آمينية .

ولا بد لنا هنا من ذكر شرطين أساسيين لاتؤثر الهضمين الثلاثية بدونهما :

١ — وجود (مولد الهضمين الثلاثية) وهي احدى خمائر العصارة المشكلية ، وفي عصارة الامعاء مادة تحول مولد الهضمين الثلاثية الى هضمين ثلاثية وتسمى هذه المادة خميرة الامعاء (انتروكيناز) .

٢ — وجود الوسط القلوي او المعتدل : فالكيموس الآتي من المعدة حامض وتعدل حموضته قلوية الصفراء وعندها فقط تؤثر فيه الهضمين الثلاثية .

شأن الهضم المشكلي : ان دور المشكلة في الهضم كبير جداً اذ رأينا ان عصارتها

تؤثر في انواع الاغذية كلها ، فاذا منعنا العصارة من الوصول الى المعي فان نصف الاطعمة او اكثر يخرج كما هو بدون هضم ويهزل الحيوان سريعاً . واذا استئصلت المشكلة استئصالا تاماً زادت الاعراض السابقة ورافقها داء سكري (ديابيت) قتال .

ثانياً — **الكبد** : هي اضخم الغدد وتزن في الحي ٢ كغ تقريباً وهي غدة تقع في أعلى البطن وأيمنه تحت الحجاب الحاجز مباشرة وتمتد الى اليسار قليلا فوق المعدة وكتلة الامعاء . ولونها اسمر خمري . وللكبد وجهان وجه علوي محدب ووجه سفلي مقعر وهي ثخينة في المركز والوراء رقيقة في الامام والجانبين حيث تبدي حافة رقيقة مدورة وليس في وجهها العلوي المحدب الاملس مايستحق الذكر اما وجهها السفلي فتقسمه ثلاثة اثلام الى اربعة فصوص اما الاثلام فهي:

ثلمان اماميان خلفيان وثلم معترض بينهما ويسمى الثلم المعترض نقير الكبد وتخرج منه وترد اليه القنوات الصفراوية والاوعية الدموية والبلغمية والاعصاب .

واما الفصوص التي تحددها هذه الاثلام فهي الفص الايمن وهو اكبرها ، والفص الايسر ، والفص المربع في امام النقير وفص سبيجل وراءه ،

شكل (١٧٣)

١ — الحويصل الصفراوي ٢ — الفص المربع ٣ — القناة الجامعة (كوليدوك) ٤ — الشريان الكبدي ٥ — الفص الايسر ٦ — وريد الباب ٧ — فص سبيجل ٨ — الوريد الاجوف السفلي ٩ — الاوردة فوق الكبد ١٠ — النقير ١١ — الفص الايمن

اوعية الكبد الدموية : أ — يرد الى الكبد دم قاني بالشريان الكبدي ودم عاتم بوريد الباب .

وقد رأينا ان وريد الباب يجمع الدم العاتم من شعريات المعدة (الوريد المعدي) والامعاء والطحال (الوريد المعوي والطحالي) والمعثكلة ثم يتفرغ بدوره من جديد الى شبكة شعرية ثانية تتوزع في الكبد . وقد سميت الجملة من الشعريتين ووريد الباب الذي يجمع بينهما الجملة البابية الكبدية .

ب — تصدر من الكبد ثلاثة اوردة تدعى الاوردة فوق الكبد (دم عاتم) تصب في االوريد الاجوف السفلي .

القنوات الصفراوية : تخرج الصفراء من الكبد بالقناة الكبدية التي يبلغ طولها ٧ — ٨

سم وتتفرع هذه القناة بعد خروجها من الكبد الى فرعين ، فرع يذهب الى الحويصل الصفراوي او المرارة ويدعى القناة المرارية وفرع يكمل سيره نحو المفج الى مجل واتر ويسمى القناة الجامعة . والمرارة حويصل يبلغ حجمه ٥٠ سم^{٣} يلتصق على الوجـه السفلي من الكبد بين الفص الايمن والفص المربع . وتعصب الكبد خيوط عصبية من العصب الرئوي المعدي والعصب الودي .

بنية الكبد : يحيط الباريطون بالكبد كما تحيط به محفظة ليفية ضـامة شفافة تدعى محفظة غليسون وتبعث هذه المحفظة في نسيج الكبد حجباً كثيرة ليفية تقسمه الى حجرات صغيرة الحجم كثيرة العدد يبلغ حجمها حجم رأس الدبوس (١ ـــ ١،٥مم) وتدعى فصيصات الكبد . وتعطي هـذه الفصيصات للكتلة الكبدية منظراً حبيبياً . فتتألف الكبد اذاً من مجموعة من الفصيصات الكبدية .

عصارة الكبد : الصفراء : هي سائل لزج خائط تفرزه الكبد . لونه أصفر في الانسان، تفاعله قلوي وطعمه مر شديد وتنصب الصفراء في العفج حتى يلامس الكيموس او المواد الدسمة مخاطية الامعاء . وتعتبر الصفراء مجموعة من الفضلات يطرحها البدن بواسطة الكبد وسنأتي على ذكرها مفصلا في بحث الاطراح ونكتفي الآن بذكر تأثيراتها في الهضم ، اذ انها على الرغم من تجردها من الخمائر تلعب فيه دوراً كبيراً فهي :

١ ـــ تعدل بقلويتها حموضة الكيموس فتمهد السبيل لعمل الهضمين الثلاثية .

٢ ـــ تسهل عمل عصارة المعثكلة في الدسم اذ بوجودها تنشط الصابوناز نشاطاً زائداً.

٣ ـــ تلزم لامتصاص الدسم ، فاذا حرمنا كلباً من صفرائه بفتح ناسور في مرارته فان الدسم التي يأكلها تنطرح في برازه بدون هضم . واذا اضفنا الى طعامه صفراء مع الدسم غاد هضمه لها طبيعياً . وهكذا يتضح ان عصارة المعثكلة وعصارة الكبد تلزمان معــاً لامتصاص المواد الدسمة .

٤ ـــ تنبه حركة الامعاء الحولية وتفضي الى تقلص الزغابات المعوية تقلصاً يساعد على سقوط بشرة الامعاء البالية .

٥ ـــ تلعب دوراً مضاداً للفساد فتمنع التفسخ وتتلف الكثير من الجراثيم .

ثالثاً – الغدد المعوية : هي غدد تستبطن غشاء الامعاء المخاطي وتكون على نوعين : غدد عنقودية صغيرة (غدد برونر) تكثر في مخاطية المفج وغدد انبوبية (غدد ليبركون) تنتشر في مخاطية الامعاء الدقيقة كلها . وتسمى مفرزات هذه الغدد عصارة الامعاء وتشاهد في مخاطية الامعاء الدقيقة بالاضافة الى هذه الغدد ، غدد لاتفرز عصـــارات ، بل تفرز مخاطاً يزلق سطح الامعاء ويصقل السطح الهاضم ، وتسمى الغدد المخاطية . ولنـذكر ان المعي الغليظ لايحوي سوى غدد مخاطية فقط .

عصارة الامعاء : يلاحظ ان الغدد المعوية لا تأخذ بالافراز الا متى لامس الكيموس الحامض مخاطية المفج .

تركيبها : عصارة الامعاء سائل خائط تفاعله قلوي شديد يحتوي على ماء واملاح معدنية (كلورورو كربونات صوديوم) وخمائر كثيرة : منها خميرة الشعير (المالتاز) والسكراز او القالبين وخميرة اللبن (لاكتاز) ومنهـا الصابوناز (ليبـاز) والمضمين (اريبسين) وخميرة الامعاء (انتروكيناز) .

تأثيرها في الاغذية : تحول خميرة الشعير سكر الشعير الى سكر عنب فتشابه بتأثيرها هذا خميرة الشعير المشكلية ، وتحول خميرة اللبن سكر اللبن الى سكـر عنب ايضاً والى غالاكتوز (وهو سكر مماثل لسكر العنب) . وتحول القالبين سكر المصان الى سكر عنب وهكذاتتحول كافة السكريات بتأثير عصارة الامعاء الى سكر عنب او الى سكاكر من فصيلته قابلة كلها للامتصاص . اما الصابوناز فتصبن الدسم المستحلبة (كالقشدة ودسم المح) واما المضمين فتكمل هضم المواد الآزوتيـة فتحول ماهرب منهـا من تأثير المضمين الثلاثية الى حموض آمينية كما تهضم الجبنين هضماً تاماً . واخيراً تحول خميرة الامعاء مولد المضمين الثلاثية الى هضمين ثلاثية فعالة .

نتيجة الهضم كيلوس : تتحول الاغذية الواردة الى الامعاء بتأثير العصارات السابقة الذكر ، الى اغذية قابلة الامتصاص . ونجمل هذه التحولات في القداد التالي :

نوع الغذاء قبل الهضم	نوعه بعد الهضم
ماء	ماء
ملاح معدنية	ملاح معدنية
سكريات	سكر عنب (وفصيلته)
نشويات	يمينيات وسكر عنب
دسم	مستحلبات وحلوين وحموض دسمة وصابون
اغذية آزوتية	حموض آمينية

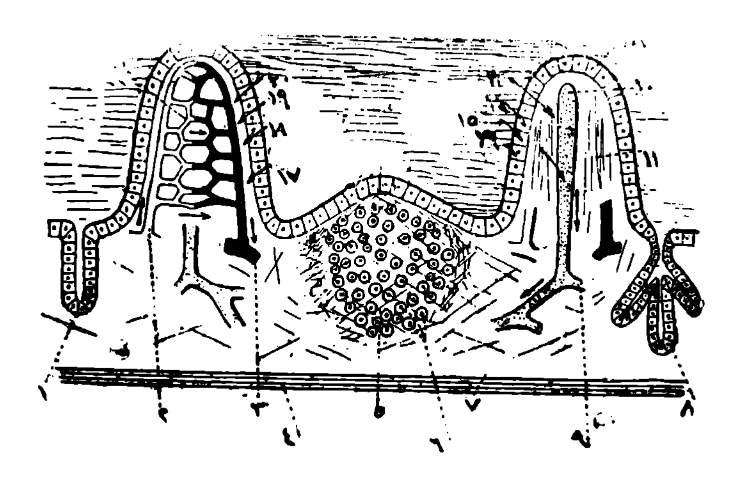
وتختلط هذه المواد المهضومة بالصفراء وبالعصارات الهاضمة الفائضةوبالمخاطوتفلسات البشرة البالية ، وبالفضلات غير المهضومة كالسللوز وبالجراثيم ، فيتكون من هـذا المزيج سائل ابيض لبني (لوجود المستحلبات) يدعى الكيلوس ، تسوقه حركات الامعاء الحولية التي تستيقظ بالانعكاس نحو الدقاق ويغلظ قوامه تدريجياً ويقل مقداره لان الزغابات تمتص منه الاقسام السائلة والمغذية . وتقدر المدة التي تمكثها الاغذية في الامعاء بـ ٤ — ٦ ساعات تقريباً . ومتى وصلت هذه المواد الى نهاية الدقاق تكون قد غلظت وفقدت اكثر موادها المغذية فينطلق عليها اسم البراز او الغائط . وتعبر هذه الفضلات المصراع الدقاقي الاعوري الى المعي الغليظ حيث تمكث نحواً من اربع وعشرين ساعة قبل ان تنطرح نهائياً من الشرج ويسمى انطراحها هذا التغوط وتنظمه تقلصات مصرة الشرج .

الخلاصة : تدخل الاغذية المختلفة الى البدن فتتحول فيه بواسطة الهضم الى عدد من المركبات يستطيع امتصاصها واستعمالها ، اما في توليد القدرة (الطاقة) او في الترميم او في الادخار .

امتصاص الاغذية

تمتص عناصر الكيلوس المغذية في المعي الدقيق ، وتمر منه الى جهاز الدوران، ويسمى امتصاصها هذا الامتصاص المضمي او المعوي .

بنية الجهاز الماص : رأينا ان بطانة الامعاء فيها أوبار صغيرة تدعى الزغابات . وهي كثيرة في الصائم قليلة في الدقاق ومعدومة في المعي الغليظ ، وتكسو سطح الزغابات بشرة الامعاء ، وهي بشرة خلاياها ذات طبق مخطط . وتعتبر هذه الخلايا اعضاء الامتصاص الحقيقية اما الزغابة نفسها فتتألف من محور ضام شبكي نشاهد فيه عضلات ملس تحرك الزغابة ، كما نشاهد فيه ايضاً اوعية دموية . وفي مركز المحور وعاء شعري بلغمي يدعى الوعاء الكيلوسي المركزي .



شكل (١٧٤) زغابتان معويتان ، امتصاص الكيلوس

١ - غدة ليبركون ٢ - شريان ٣ - وريد ٤ - عضلات دائرية ٥ - جراب مغلق ٦ - كريات بيض ٧ - نسيج ضام ٨ - غدة برونر ٩ - اوعية كيلوسية ١٠ - الوعاء الكيلوسي المركزي ١١ - عضلات ملس ١٢ - بشرة معوية (١٣ ، ١٤ ، ١٥ ، ١٦ـ المواد الممتصه بطريق الاوعيه الكيلوسيه ١٣ - المستحلبات ١٤ـ الحلوين ١٥ـ الحموض الدسمه ١٦ـ الصابون الحوامض الدسمة ١٦ - الصابون ١٧ ، ١٨ ، ١٩ ، ٢٠ — المواد الممتصة بالطريق الدموية ١٧ - المصل والآح ١٨ - الحوامض الآمينية (المضميدات) ١٩ - سكاكر العنب والملاح المعدنية ٢٠ - الماء ٢١ - شعريات دموية ٢٢ - الكيلوس

آ ــ آلية الامتصاص المعوي : تمتص خلايا بشرة الامعاء المواد الحاصلة من نتيجة الهضم وقد ظن مدة طويلة ان الامتصاص يتم بالحلول البسيط الذي درسناه مفصلا في السنة السابقة فتمر الاغذية عبر غشاء الخلايا المعوية كما تمر عبر غشاء ميت كالرق ، بيد انه أثبت مؤخراً ان الامتصاص اعقد بكثير من ذلك ، اذ تقوم به خلايا حية ولحياتها شأن كبير في آلية الامتصاص .

امتصاص عناصر الكيلوس : اعتبرت الامعــــاء في بادىء آلة حلول بسيطة يقوم بدور الغشاء فيها المخاطية ، وبدور المحلول الزائد التوتر ، الكيلوس ،وبدور المحلول الناقص التوتر الدم والبلغم . وبما ان الدم والبلغم يدوران باستمرار فان الحلول لا يتوقف ابداً لاستحالة التوازن الحلولي .

طريقا الامتصاص : تسير المواد الممتصة في طريقين : الطرق البلغمية والطرق الدموية:

١ ــ **الطرق البلغمية:** تمر المستحلبات والحموض الدسمة والصابون الى الوعاء الكيلوسي المركزي في الزغابة وتنتقل منه الى اوعية المساريقا البلغمية والقناة الصدرية، ثم تساق بهذه القناة الى الوريد تحت الترقوة الايسر ومنه الى اذينة القلب اليمنى بواسطة الوريد الاجوف العلوي ، وتدفع من القلب الى الدوران ؛ فاذا ضحينا حيواناً في اثنــاء الامتصاص وجدنا اوعيته البلغمية ممتلئة بيضاء ، يخرج منها اذا وخزت سائل ابيض لبني هو مستحلب الدسم. وتمتص الدسم بشكل مستحلب دقيق الذرات ، او بشكل حلوين وصــابون وحموض دسمة.وتبدل مخاطية الامعاءهذه المواد، فتمزجها وتركب منها دسماً جديدةخاصة بالانسان ، تشاهد بوضوح في اوعيته الكيلوسية . فاذا وضعنا في عروة معوية صابوناً وحلويناً وحموضاً دسمة امتصت ووجدنا بعد مدة في اوعيته الكيلوسية مادة دسمة جديدة تدخل في تركيبهــا المواد السابقة الذكر . نستنتج من ذلك ان خلايا بشرة الزغابات تركب الدسم النوعية الخاصة .

٢ ــ **الطرق الدموية :** يحدث الامتصاص ايضاً بالطرق الدموية بواسطة شعريات الزغابة الوريدية ، ونذكر فيما يلي المواد التي تمر رأساً الى الدم بهذه الطريقة :

١ ــ الماء والملاح المعدنية .

٢ — سكر العنب : تزيد كمية سكر العنب في دم وريد الباب زيادة كبيرة وفي اثناء الامتصاص ، وتختزن الكبد هذه الزيادة بعد ان تحول سكر العنب الى مولد سكر العنب، وهكذا ، مهما بلغت كميـة السكر الواردة بالامتصاص ، تبقى نسبة السكر في الدم ثابتة (١،٥) بالالف .

٣ — الحموض الامينية : تمتص هذه الحموض كلها من الامعاء ولكننا لانجد منها في الدم الا اثراً زهيداً .. ويعلل اختفاؤها بان خلايا مخاطية الامعاء تستهلكها لتصنع منهـا مواد آحية جديدة خاصة بالانسان نجدها في الدم الجائل .

وتمر الاغذية التي امتصتها الشعريات الدموية الى الكبد،بواسطة وريدالباب، فتتحول فيها . ثم تخرج منهـا بالاوردة فوق الكبد الى الوريد الاجوف السفلي . ومنه الى الاذينة اليمنى في القلب ، ثم يوزعها القلب بالدوران الى سائر انحـاء البدن . والخلاصة ، على الرغم من وجود طريقين للامتصـاص ، تصل المواد المغذية في النهاية الى مقر واحـد هو الدم (الوسط الداخلي) فتمـده بالعنـاصر التي تسد حاجات الخلايا المختلفـة التي تكون البدن .

يبدأ الامتصاص في المعدة ولكنه ضعيف يكاد لا يدرك كما انه يستمر في المعي الغليظ وقد أفادت هذه الخـاصة في تغذية المرضى بحقن شرجية مغذية ، على أن تكون المواد المحقونة قابلة للامتصاص مباشرة ، اذ ليس في المعي الغليظ اي قدرة هاضمة .

جهاز الهضم في الفقاريات

هو اول الاجهزة ظهوراً في الحيوانات ، ويتألف من انبوب تتميز فيـه بصورة عامـة الاجزاء الاساسية الاربعة : جوف الفم ، والمريء ، والمعـدة ، والمعي ، وتلتحق بهذا الانبوب غدد لعـابية وكبد ومعثكلة . وسنتناول بحث اشكال هذا الجهـاز في صفوف الفقاريات الهامة .

١ — **جهاز الهضم في الاسماك** : ان الاجزاء المختلفة من انبوب الهضم في الاسماك هي

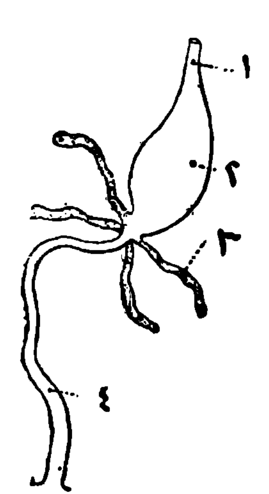
قليلة التميز . فالمريء والمعدة والمعي ليس لها على الغالب حدود جيدة الوضوح وانما تسمح الصفات النسيجية على الخصوص بتعريفها بشيء من الدقة .

آ ـ الاسنان : تكون في بعض الاسماك عريضة مسطحة متساندة ، والغالب ان تكون طويلة دقيقة الرؤوس كالاشواك . وهي في الاسماك الغضروفية مثبتة على الفكين فحسب ، اما في المجموعات الاخرى فقد توجد على كافة جدران الفم وحتى على اللسان . وفي (كلاب البحر) تصطف الاسنان صفوفاً متحدة المركز تكون لهذا الحيوان سلاحاً حاداً.

ب ـ ليس للاسماك غدد لعابية .

جـ ـ تحتوي جدران المعدة والمعي على غدد أنبوبية تفرز عصارات هاضمة .

د ـ توجد عند منشأ المعي في معظم الاسماك حزمة ردوب مختلفة العدد تسمى الزوائد البوابية . وفي بعض الانواع لاتفرز هذه الزوائد الا مخاطاً ، ولكنها تفرز في انواع اخرى عصارة هضمية .وفي الاسماك الغضروفية يحتوي المعي المتوسط على امتداد بارز حلزوني يسمى الدسام الحلزوني يضاعف القدرة الماصة .



شكل (١٧٥)
الانبوب الهضمي في الاسماك
١ - المريء ١ - المعدة
٣ - الزوائد البوابية
٤ - المعاء

هـ ـ وتكون الكبد ضخمة وغنية بزيت يحتوي على كمية غزيرة من الفيتامين D . والمشكلة جيدة التشكل بصورة عامة .

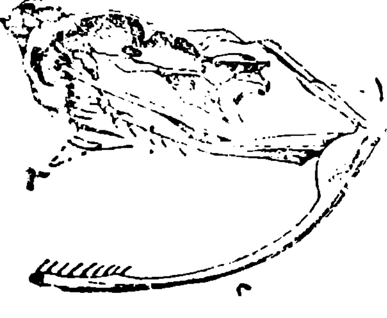
٣ ـ جهاز الهضم في الضفادع : ليس لاقسام انبوب الهضم كالمري والمعدة والمعي ، وغدده الملحقة كالكبد والبانكرياس شيء خاص يذكر . ونذكر شيئاً فقط عن الاسنان واللسان :

آ ـ الاسنان : تكون الاسنان صغيرة ومنغرسة في عظام قبة الفم وهي لا توجد على الفك السفلي الا نادراً ، وكثير من الضفادع لايكون لها اسنان . والضفادع الكاملة البالغة هي صيادة تلتهم وتبتلع فرائسها من غير أن تمضغها فالاسنان تكاد الا تستعمل .

ب ـ اللسان : يلتصق اللسان على الاغلب بطرفه الامامي على ارض الفم ، وتستطيع

بعض الضفادع ان تقذف لسانها فجأة خارج الجسم ،وان تقتنص على هذه الصورة الحشرات التي تطلى بمادة مخاطية . وهناك ضفادع مجردة من اللسان .

٣ - **جهاز الهضم في الزواحف** : ينفتح الفم واسعاً بسبب ارتباط الفك السفلي بالقحف بواسطة العظم المربع ، مما يساعد هذه الحيوانات على التهام فرائس ضخمة .



شكل (١٧٦)
الفكان والالياب في ثعبان سام
١ - العظم المربع ٢ - الفك السفلي
٣ - الالياب السامة

أ - الاسنان : توجد في كافة الزواحف الا في السلاحف التي لها منقار قرني . وتنغرس الاسنان على عظام جوف الفم ، او تتوضع على الفكوك العلوية او على جزء من الفك السفلي كما في التماسيح . اما في الثعابين فالاسنان منحنية نحو الداخل بشكل عقائف تمسك الفريسة ، كما تكون بعض الاسنان أشد نمواً فتستخدم لارسال السم والغدد السامة هي غدد لعابية متبدلة ينفتح مجراها على قاعدة العقائف السامة (شكل ١٨٢) .

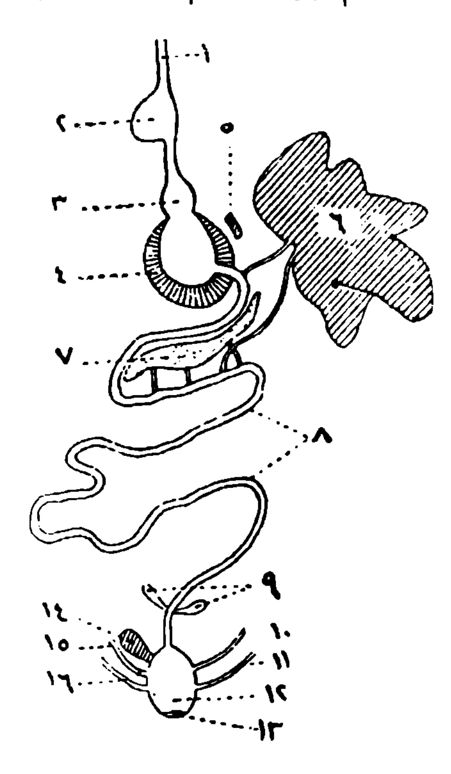
ب - اللسان : يأخذ أشكالاً مختلفة في العظايا حيث يكون ثخيناً او قصيراً او مشقوقاً او دودياً .

جـ - لا يبقى لجهاز الهضم شيء خاص ، فالمعدة محدودة جيداً ويلتف المعي قليلاً او كثيراً ويبدي لاول مرة جيباً أعورياً يتصل به بواسطة دسام . وتتحد قناتا الكبد والبانكرياس قبل ان تصلا الى المعي .

٤ - **جهاز الهضم في الطيور** : أ - **الاسنان**: ليس للطيور الحالية أسنان قطعا ، ولكننا نذكر ان أسلافها كانت لها أسنان . ويغطي الفكين غمد قرني هو المنقار . ب - اللسان : يكون اللسان على العموم قرنياً وقد يكون ثخيناً او رقيقاً . وللطيور غدد لعابية لسانية وحنكية . جـ - يتميز أنبوب الهضم بوضوح أقسامه : فهو يشتمل على المريء الذي ترافقه الحوصلة وهي انتفاخ مختلف الحجم ، كما يشتمل على معدة غدية تسمى البطين المفرز يفرز العصارة المعدية ، وعلى قانصة منتفخة معدة لسحق الاطعمة . ويأتي بعدها

المعي ويكون متلففاً قليلاً او كثيراً وينتهي عند المستقيم الذي يبدي في أوله أعورين متوازيين يختلف طولها ثم ينتهي المستقيم بمقذرة تنصب عليها المجاري البولية والتناسلية (شكل ١٧٦).

د ــ تكون الكبد ضخمة ويرافقها حويصل صفراوي ينعدم وجوده في الحمام خاصة، وتنصب الصفراء في اول المعي بقناتين اما المشكلة فطويلة وتصب عصارتها الهاضمة في الامعاء بثلاث قنوات



(شكل ١٧٦)
١ - المري‌ء ٢ - الحوصلة ٣ - البطين للفرز ٤ - المعدة ٥ الطحال ٦ - الكبد ٧ - المشكلة ٨ - الامعاء ٩ - الاعوران ١٠ - حالب ١١ - قناة المبيض الايسر ١٢ المقذرة ١٣ - فوهة المقذرة ١٤ غدة ١٥ - حالب ١٦ - قناة المبيض الايمن

٥ – **جهاز الهضم في الثدييات**: تنحصر تطورات جهاز الهضم في الثدييات في الاقسام التالية: الاسنان، المعدة، المعي.

ــ الاسنان: يختلف شكل الاسنان في الثدييات ليتفق مع طبيعة النظام الغذائي. كما تتغير جهة وسعة الحركات التي يقوم بها الفك السفلي

١ – في اللواحم: تكون القواطع حادة قاطعة، والانياب تمسك الفريسة وتمزقها، وللأرحية فصوص حادة تتداخل ببعضها عند انطباق الفكين. اما حركة الفك السفلي فعمودية من الاسفل الى الاعلى وبالعكس.

٢ – وفي آكلة الحشرات: تشبه الاسنان وحركة الفكين ماذكرنا، وتتصف بدقة اسنانها مما يساعدها على ثقب دروع الحشرات.

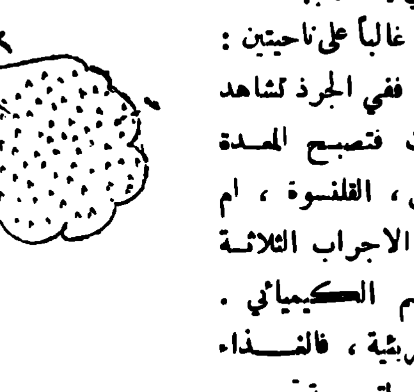
٣ – وفي القواضم: تكون القواطع قوية وطويلة ومستمرة النمو وتاجها مقصوص قصاً مائلاً. وتختفي الانياب، وتكون الارحية قادرة على الطحن خاصة. اما حركة الفك السفلي فمحدودة من الامام الى الوراء وبالعكس فتشبه بذلك حركة المبرد.

٤ - أ ــ وفي الحافريات: تختفي القواطع العليا في المجترات الا في الجمل الذي يحافظ

على قاطعتين . وأما في الخيل فالقواطع كاملة ، وأما في الفيل فتبقى قاطعتان علويتان تنموان باستمرار وتؤلفان الحاميتين (ناب الفيل) وهي مجردة من الميناء .

ب — وتميل الانياب نحو الصغر . فليس للبقر والظباء انياب علوية ، بينما للجمل انياب علوية جيدة التشكل وفي الحصان انياب في الفكين لكنها تنعدم في الفرس . وللارحية شقوق ونواتيء حبيبية عددها معين . ويزيل استعمالها على كر السنين عدداً منها .

ه — وفي الحوتيات يحل محل الاسنان صفائح قرنية طويلة تستخدم كشبكة صيد فيقتنص بها الحوت الحيوانات التي يتغذى بها .



شكل (١٧٨)
المعدة في الحيوانات المجترة
١ ـ المريء ٢ ـ الميزابة ٣ ـ أم التلافيف ٤ ـ الانفحة ٥ ـ القلنسوة ٦ ـ المعاء ٧ ـ الكرش

ب المعدة . تشتمل المعدة غالباً على ناحيتين : ناحية مفرزة ، وناحية مدخرة . ففي الجرذ تشاهد الناحيتان بوضوح اما في المجترات فتصبح المعدة مؤلفة من اربعة اقسام : الكرش ، القلنسوة ، ام التلافيف ، الانفحة وليس في الاجراب الثلاثة الاولى أية غدة ولا تساهم في الهضم الكيميائي . ويتصل الكرش بالمريء بميزابة مريئية ، فالغذاء الذي يبتلع بعد مضغ سريع يشكل لقمة تمر من الميزابة الى الكرش . ثم ترسلها الحركات الحولية الى القلنسوة ويعود منها الى الفم ليمضغ من جديد وهذا هو الاجترار .

ح — المعي يكون المعي قصيراً في آكلة اللحوم ، وطويلاً في آكلة العشب . اذ ان المواد النباتية قليلة القيمة الغذائية عسرة الهضم ولذا لابد من أكل كميات كبيرة منها لاستدراك الغذاء الكافي . وهكذا نجد طول معاء الحصان ٢٥ م والغنم ٢٨ م والثور ٥٠ م وللاعور فيها حجم عظيم فسعته في الحصان مثلاً ٨ ليترات وفي كثير من الثدييات تصغر القطعة البعيدة من الاعور صغراً كبيراً وتصبح الزائدة الدودية .

الدوران

تجري في كل كائن حي مبادلات مع وسطه الخارجي فيأخذ منه الغذاء ومولد الحموضة ويطرح فيه الفضلات، ولما كانت اعضاء الانسان شديدة التعقيد ومفصولة عن الوسط الخارجي لذا كان لا بد لها من وسيط دوار ينقل الى خلاياهـا الغذاء ومولد الحموضة من الوسط الخارجي ويوصل الى هذا الوسط فضلاتها ومفرغاتهـا ، ويتألف هـذا الوسيط الدوار من سائلين هما الدم والبلغم يطلق عليها الوسط الداخلي .

الدم

خواصه الفيزيائية : سائل احمر لزج ، طعمه ملح ، تفاعله قلوي ، كثافته ١٫٠٦ يزن $\frac{١}{١٣}$ من وزن البدن فتكون كميته الوسطى خمسة لترات في انسان يزن ٦٥ كغ .

تركيبه : يعتبر الدم كنسيج ضام خلاياه تسمى الكريات ومادته الخلالية سائلة تدعى المصورة . ويمكن فصل الكريات عن المصورة بفضل تفاوت الثقل .

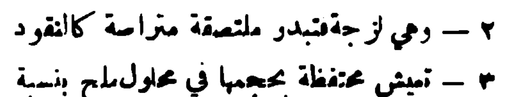
١ — يربط قسم من الوريد الوداجي في حصانين من مكانين ، فينقسم الدم في القسم المعزول الى جزئين حيث تجتمع الكريات في الاسفل والمصورة في الاعلى .

٢ — يمكن ترسيب الكريات في انابيب المثفلة .

١ - كريات الدم

تشكل كريات الدم ٤٥ ٪ من وزنه وهي من نوعين أصليين : كريات حمر ، وكريات بيض يضاف اليها صفيحات دموية .

آ — **الكريات الحمر** : تجربة مشاهدة نقطة دم بالمجهر تظهر فيها الكريات الحمر بالمجهر بشكل أقراص مقعرة الوجهين قطرها ٧ صغ . وهي خلايا ذات غشاء وهيولى ومجردة من النواة وتكون صفراء اذا انفردت وحمراء اذا تكتلت وهي تشكل ٤٠ ٪ من كتلة الدم .



نقطة دم تبدو بالمجهر
١ - مصورة ٢ و٣ كرية حمراء
٤ - كرية بيضاء

خواصها : ١ — الكريات الحمر مرنة فهي تتطاول ويضيق قطرها فتمر من ادق الشعريات ثم تعود الى شكلها .

٢ — وهي لزجة فتبدو ملتصقة متراصة كالنقود

٣ — تعيش محتفظة بحجمها في محلول ملح بنسبة $\frac{٨ — ٩}{١٠٠٠}$ كما هي النسبة في مصورة الدم . أما في محلول ناقص التوتر (اقل من ٧ بالالف) فهي تنتبج منتفخة حتى تنفجر وهذا هو انحلال الدم وفي محلول زائد التوتر (أعلى من ٩ بالالف) تنكش وتتقلص .

عددها : لعد الكريات يمدد جزء من الدم بمحلول ملح متساوي التوتر ثم تعد الكريات في حجم معين من الدم الممدد . وقد وجد ان في الميلمتر المكعب من الدم خمسة ملايين كرية حمراء . ويزيد هذا العدد بالارتفاع فوق سطح البحر فيصل الى ٦ — ٧ — ٨ ملايين كرية على ارتفاع الف الفين - ثلاثة آلاف متر وينقص عدد الكريات في حالة فاقات الدم الخبيثة فيهبط الى ٣ ملايين كرية .

تركيبها : تتألف الكرية الحمراء من مادة آحية عديمة اللون تدعى (ستروما) تؤلف صقل الكرية الهيولي . ويخضبها بلون احمر خضاب الدم ونسبته في الكرية ٩٠ ٪ .

الخضاب : مادته بروتيدية حديدية ، تتحلل بالحوض او الاسس الى مادة آحينية عديمة اللون هي الكروبن ومادة ملونة سمراء تدعى الدمين ، وينفصل الخضاب عن الكريات حين يحدث انحلال الدم وهو يذوب في الماء ويتبلور في درجة الصفر باضافة الغول او الاترالية .

خواص الخضاب : ١ - يتحد مع مولد الحموضة تحت ضغط كاف فيكون مادة حمض الخضاب وهي حمراء قرمزية لكنها غير ثابتة تتفكك اذا قل ضغط مولد الحموضـــة حولها فيتحرر مولد الحموضة ويبقى الخضاب المرجع وكذلك يتفكك حمض الخضـاب اذا عومل بمادة مرجعة (كبريت الامونيوم) .

٢- يتحد مع غاز الكربون ويكون كربون الخضاب وهو مادة قاتمة وغير ثابتة التركيب.

٣- يتحد مع اكسيد الكربون فيكون الخضاب المفحم وهو مادة حمراء قانية وثابتـة يصعب جداً تفككها . لذا كان اكسيد الكربون غازاً خانقاً فالكريات التي تتحـد به تفقد وظيفتها .

ويمكن التمييز بين حمض الخضاب والخضاب المفحم بدراسة طيف امتصاص كل منها فلحمض الخضاب شريطان امتصاصيان بين الاصفر والاخضر واذا اضيف اليه مادة مرجعة انقلبت اليه خضاباً مرجعاً واتحد الشريطان في شريط امتصاصي واحد عريض يدعى شريط ستوكس .

وللخضاب المفحم شريطان امتصاصيان في نفس المنطقة ايضاً لكنهما لا يتحدان باضافـة مادة مرجعة .

وظيفة الكريات الحمر : يتبين لنا من خواص الخضاب وظيفة الكريات الحمر في نقل الاكسجين .

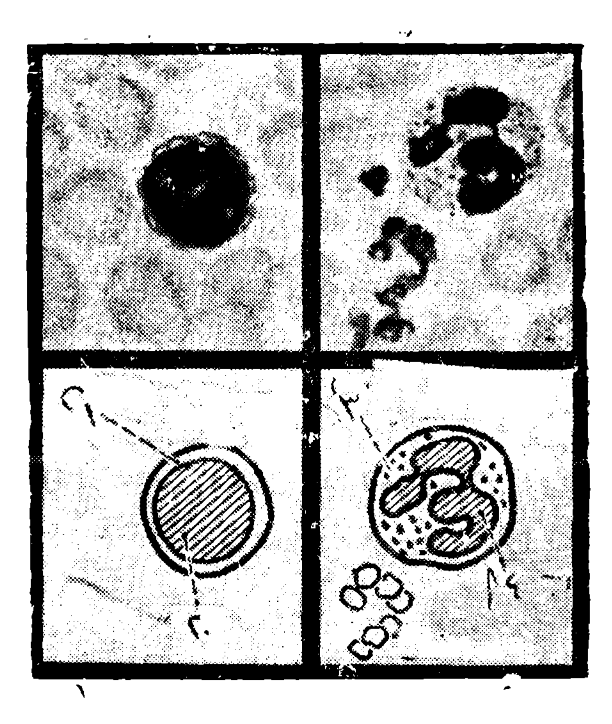
ففي الرئتين يتحد الخضاب بمولد حموضـة الهواء ويصبح خضاباً محمضاً حيث يعود الى القلب ليتوزع في الجسم احمر قانياً . وفي الانسجة يحرر حمض الخضاب قسماً من مولد الحموضة ويصبح خضابا مرجعاً ويعود الى القلب قاتماً لينقله الى الرئتين من جديد .

حياتها ومنشؤها : تعيش الكريات الحمر وسطياً مئة يوم اذ تتلفهـا الكريات البيض في شعريات الكبد والطحال فيباد منها حوالي ٢٠٠ الف في سم٣ في الدقيقة فيتشكل اعتبـاراً من خضابها المتحرر الاصبغة الصفراوية .

وتتكون الكريات الحمر في نقي العظام بشكل مستمر واما في الجنين والوليـد فيقوم الكبد والطحال بتوليدها .

ب - **الكريات البيض** : هي خلايا حية لا لون لها ، ذات هيولى ونواة لكنها ذات محيط متبدل (حركة متحولية) .

انواعها : لبعض الكريات البيض نواة واحدة : فتكون الهيولى فيها زجاجية شفافة ونواتها ضخمة فان كانت صغيرة (٧ صغ) سميت البلغميات وان كانت كبيرة (٢٠ صغ) سميت وحيدة النواة الكبيرة .



شكل (١٨٠)
كريات بيض
من اليسار الى اليمين
وحيدة النواة ، مفصصة النواة
١ - هيولى زجاجية
٢ — نواة
٣ — هيولى حبيبية
٤ — نواة مفصصة

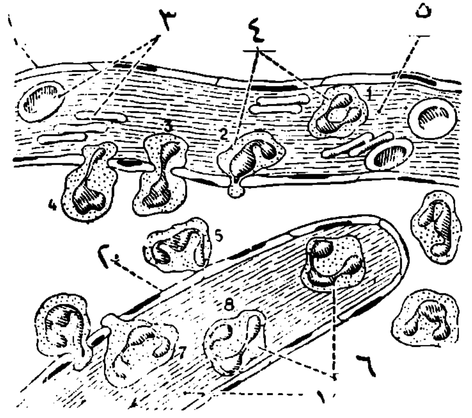
ولبعض الكريات نواة مفصصة: فتسمى متعددة النواة حيث تكون الهيولى حبيبية والنواة مفصصة وهي ولوعة بالملونات الآنيلينية فبعضها يتلون بملونات حامضة ويتلون البعض بالملونات المعتدلة والبعض الآخر بملونات اساسية .

عددها : يحتوي كل سم^3 من الدم سبعة آلاف كرية بيضاء فتكون نسبتها الى الكريات الحمر $\frac{١}{٧٠٠}$ وتكون كتلتها ٥ ٪ من كتلة الدم .

خواصها : ١ — لها حركة متحولية تتم بواسطة ارجل كاذبة . وبفضل حركتها تتقدم معاكسة تيار الدم .

٢ — قادرة على الانسلال من بين خليتين من جدار الاوعية الشعرية فتبعدهما وتمر

ثم تعودان الى وضعها . وهكذا تهاجر الكريات البيض من الدم الى النسج الضامة وتعود منها الى الدم فيما بعد .



انسلال الكريات البيض من الشعريات
١ - وعاء شعري دموي ١ - وعاء شعري بلغمي ٣ - كريات حمر ٤ و ٦ - كريات بيض ٥ - مصورة ٧ - بلغم

٣ - هي حساسة تنجذب ببعض السموم كذيفانات الجراثيم بينما يدفعها الغول بعيداً .

٤ - تتغذى بالبلعمة ، اذ ترسل ارجلاً كاذبة تحيط بالمادة الغريبة او الجراثيم ثم تدخل المادة الى هيولاها وتجعلها في فجوة هاضمة ثم تهضمها .

وظائفها : تستنتج وظائف الكريات البيض من خواصها .

١ - تدفن الخلايا الميتة وتخرها وتبتلع بقاياها كما يحصل في الاورام الدموية الرضية . وتزيل انقاض الكسور والجروح وتهضم الغضروف حين التعظم .

٢ - تدافع عن البدن وتصد هجمات الجراثيم وسمومها ، وذلك بفضل البلعمة فحين يتلوث خدش بغبار الهواء تتسلسل الجراثيم الى النسيج تحت الجلد حيث تتكاثر وتفرز السموم وتخرش اعصاب تلك الناحية ويفضي ذلك الى توسع الشرايين فيها فيتوارد الدم بكثرة فتحمر وتصبح مؤلمة (الالتهاب) وفي نفس الوقت تنسل الكريات البيض منجذبة جذباً كيميائياً بمفرزات الجراثيم فتصل اليها وتبتلعها وقد تقاوم الجراثيم بضع سموم تفتك بالكريات البيض وهكذا يتكون القيح من اشلاء الكريات والجراثيم ومفرزاتها ، وتسمى مفرزات الكريات البيض بالترياق وهي مواد مضادة لسموم الجراثيم .

الصفيحات الدموية : هي عناصر صلبة تصادف في الدم بالاضافة الى الكريات وتكون محدبة الوجهين تعمل في التخثر وفي رص الجراثيم بشكل كتل تسوقها الى الشبكات الشعرية ليتم ابتلاعها .

مولد الليفين وتخثر الدم : تجربة : اذا وضعنا كمية من الدم في اناء نظيف وتركناها مدة من

الزمن ، لاحظنا تغير قوام الدم الذي يصبح هلامياً لتشكل ما يعرف بالعلقة وتؤلف العلقة في بادىء الامر معظم الكتلة الدموية ويكون لونها متجانساً ، وبعد مدة ينفصل عنها سائل مصفر يسمى المصل بينما تنكمش العلقة وتبقى في اسفل الوعاء ، كما ان قوامها يزداد صلابة . وتسمى هذه الحادثة تخثر الدم .

ويعود سبب تكون العلقة المذكورة الى تشكل خيوط الليفيين آنياً بعد خروج الدم من الاوعية ، اذ ينعدم وجود الليفين في الدم داخل الجسم ، كما ان المصل خلو من الكريات التي توضعت في شبكة الليفين . ومن الملاحظ ان الكريات ليست ضرورية في التخثر ، اذ تتم الحادثة بدونها .

آلية التخثر : وهي معقدة جداً ولا تزال غامضة ، والمعتقد ان هناك اربعة مواد توجد في المصورة بصورة طبيعية وتلعب دوراً اساسياً في التخثر :

١ ـ مولد الليفين : وهو هيولين يوجد محلولاً في المصورة ويتشكل في الكبد ثم ينتقل الى مصورة الدم ، ويتحول الى ليفين متوسب مسبباً تخثر الدم .

٢ ـ طليعة الخثرين : وهي خميرة تتشكل ايضاً في الكبد وللحيمين ك تأثير كبير في تشكلها ويمتص هذا الحيمين من الامعاء .

٣ ـ الترومبوكيناز (الخميرة الخثرية المنشطة) : وهي مادة خميرية تتشكل عند تلف الصفيحات الدموية ، وهي توجد في المصورة والسوائل النسيجية وتعمل على تحويل طليعة الخثرين الى خثرين .

٤ املاح الكلسيوم : توجد هذه الاملاح في المصورة بشكلين . شكل متحد وشكل متشرد ، ويبدو ان هذا الشكل الاخير هو الذي يؤثر في تخثر الدم والدم الذي نزعت املاح الكلسيوم منه يبقى مائعاً بدون تخثر .

اما التفاعلات الاساسية التي تحدث اثناء تشكل العلقة فيعتقد انها تتم حسب المراحل التالية :

١ ـ تشكل الترومبوكيناز : يؤدي كل جرح او تمزق في الاوعية الدموية الى انبثاق كمية من الدم التي يؤدي تلف الصفيحات الدموية فيها الى تحرر الترومبوكيناز .

٢ — انقلاب طليعة الخثرين الى خثرين (ترومبين) : يحدث هذا الانقلاب بتأثير الترومبو كيناز وشوارد الكلسيوم على طليعة الخثرين. ويمكن تمثيل هذه المرحلة بالتفاعل التالي:

طليعة الخثرين + شوارد الكلسيوم (Ca^{++}) + ترومبو كيناز ← خثرين

٣ — تحول مولد الليفين : يتم هذا التحول بتأثير الخثرين ، ويظهر الليفين بشكل خيوط متشابكة تحبس بينها كريات الدم لتشكل العلقة . ثم تقتصر خيوط الليفين فتنكمش العلقة وينفصل المصل :

مولد الليفين + خثرين ← خيوط الليفين

التخثر الوعائي : وهو حالة مرضية خاصة ، فالدم لا يتخثر داخل الاوعية لان المصورة تحوي مادة مضادة للتخثر تتشكل في الكبد وتسمى الهيبارين ؛ ويتجلى عملها بمعاكسة كل من طليعة الخثرين والخثرين . ومع ذلك فعندما تحدث ركودة دموية (وغالباً ماتترافق مع تلف في جدران الاوعية) تتجمع الصفيحات الدموية وتلتصق بالكريات وبجدار الوعاء مشكلة ما يعرف بالخثرة . وقد تحدث هذه الركودة الدموية في الاذينة بسبب تليفها (عدم توافق تقلص اليافها العضلية) كما قد تحدث في الاوردة المتسعة (الدوالي) او اثر عملية جراحية .

الناعور (هيموفيليا) : وهو مرض وراثي نادر يظهر بصورة خاصة في الذكور ويتجلى بنزف مستمر لا ينقطع من اي جرح يصيب الشخص مهما كان هذا الجرح بسيطاً .

العوامل المؤثرة في قابلية التخثر : وهي عديدة بعضها فيزيائي وبعضها كيميائي ، وهي تؤثر في التخثر فتوقفه او تؤخره او تسرعه . ولبعض هذه العوامل فائدة طبية فيزيولوجية :

مانعات التخثر : يمكن تأخير التخثر بالتبريد (بوضع الدم في ثلاجة) او بتحريك الدم بسلك رفيع او قطعة من القش اذ يلتصق الليفين بالأداة التي حرك بها الدم ، كما ان حفظ الدم في اوعية ذات جدر ملس (اوعية مبطنة بالسيليكمون) يمنع تخرب الصفيحات الدموية وتحرر الترومبو كيناز . ويمكن منع التخثر مطلقاً باضافة قليل من ليمونات الصوديوم الى كتلة الدم (تترسب شوارد الكلسيوم) او باضافة الهيبارين

او خلاصة رؤوس العلق (اليهرودين) . وتوجـد مركبات جاهزة تمنع التخثر نذكر منها الديكومارول والترومكسان.

منشطات التخثر : وتستعمل في الحالات التي يشتد فيهـا النزف ، واكثرها آلي ، كالضغط على الشريان النازف او ربطه اذا كان كبيراً ، ويمكن في بعض الحالات استعمال الادرينالين الذي يسبب تقبضاً وعائياً موضعياً في مكان تطبيقه . وهناك مستحضرات جاهزة كالخثرين والحيمين ك تستعمل في الحالات المستعجلة .

وظيفة التخثر : ان التخثر عمل دفاعي ضد النزوف . فالعلقة المتكونة تسـاهم في سد فوهة الجرح وارقاء النزف .

ب المصل : متى يختر الدم ترسبت العلقة (كريات + ليفين) ويبقى المصل طافياً فيجمع خواصه وتركيبه: سائل مصفر تفاعله قلوي يشتمل اللتر منه على ٩٠٠ غرام ماء ، والباقي مواد مختلفة نذكر منها :

١ - المواد الآحينية : ٨٠ غ وتتألف من مصلين وكريوين(كلوبولين).

٢ - الملاح المعدنية : من ٨ — ٩ غ وتتألف من كلور الصوديوم خاصة وكلورور وفحمات وفصفـات قلوية تجعل المصل قلوياً . وان صنع محلول ملح الطعـام بتوتر $\frac{٨ — ٩}{١٠٠٠}$ يعطي مصلاً فيزيولوجياً يزرق في الدم في حالات النزوف الغزيرة .

٣ - حاصلات الهضم : ٢ - ٦ غ ومنها سكر العنب ذو النسبة الثـابتة (١،٥غ في الالف) والدسم وغيرها .

٤ — فضلات : ٢ - ٢،٥ غ ومنها البولة وحمض البول والكولسترين .

٥ — خمائر : كخميرة النشاء وخميرة الشمير وخمائر حالة للسكر وخمائر حالة للدسم.

٦ — الحاثات (هورمونات) وهي مفرزات الغدد الصم .

٧ - الغازات : كالآزوت ومولد الحوضة وغاز الكربون وتقدر كيتهـا بـ ٦٠٠ سم٣ لتر .

الخلاصة : للمصورة دور هـام في التغذية اذ هي تتلقى حاصلات الهضم فتوزعهـا على اعضاء الجسم المختلفة وتجمع من هذه الاعضاء فضلاتها لتنقلها الى اجهزة الاطراح وهي بفضل حاثاتها تنظم افعال التغذية وتنسقها . ويجدر ملاحظة ان البنية العامة لها تبقى ثابتة دوماً

بحيث تحافظ على كتلتها ، وكثافتها الملحية ، ونوعية المواد فيها .

الارتصاص : يكون مصل دم حيوان ما ساماً بالنسبة لحيوان من فصيلة اخرى ، ويقتل الارنب اذا حقن بـ ٣٠ سم^3 من مصل دم الكلب وسبب ذلك ارتصاص الكريات الحمر ثم انحلالها فتؤدي بارتصاصها الى تشكل صمامات دموية قد تسد بعض الاوعية الشعرية الدقيقة ، وبانحلالها تحرر مواد غريبة ضارة بالجسم .

نقل الدم : يحتاج في حالات النزوف الغزيرة الى نقل الدم من انسان الى آخر . ويشترط في النقل ان لا ترتص كريات المعطي بمصل دم الآخذ .

وقد عرف ان الارتصاص يحصل من اجتماع مادتين : ففي المصل توجد مادة تسمى الراصة وفي الكريات الحمر توجد مولدة الراصة .

واكتشف نوعان من الراصات a ، b ونوعان من مولد الراصة B.A

فاجتماع الراصة a مع مولدة الراصة A يسبب الارتصاص ، لذلك لا يمكن وجود مولد الراصة والراصة الموافقة في شخص واحد وعلى هذا صنفت دماء البشر في اربع زمر ، ولنعلم ان الزمرة الدموية للشخص صفة وراثية لاتتبدل .

الزمرة الاولى « AB » في كرياتها المولدتان معاً وليس في مصلها أية راصة وهي زمرة الآخذين العامين .

الزمرة الثانية « A » في كرياتها المولدة A وفي مصلها الراصة b

الزمرة الثالثة « B » في كرياتها المولدة B وفي مصلها الراصة a

A
AB
O
B

الزمرة الرابعة (O) ليس في كرياتها مولدات وفي مصلها الراصتين ba وهي زمرة المعطين العامين .

وقد اعطت البحوث الاخيرة نتائج جديدة حول هذا الموضوع فاكتشفت مولدات جديدة مثل rh, N, M

غازات الدم : نجد في دم الانسان غازات منحلة او متحدة مع عناصر الدم .

فمولد الحموضة يكون منحلاً في المصورة او متحداً مع الخضاب . وتكون كمية مولد الحموضة ٢٠ سم^3 في الدم القاني و ١٢ سم^3 في الدم العاتم في كل ١٠٠ سم^3 دم وغاز الفحم

يكون منحلاً في المصورة او متحداً مع المواد القلوية مشكلاً ثاني فحمات وفصفو فحمات وقد يتحد مع الخضاب . وكميته ٣٠ سم٣ في الدم القاني و ٤٥ سم٣ في الدم العاتم في كل ١٠٠ سم٣ دم .

والآزوت يكون منحلاً بنسبة ضعيفة اذ تبلغ ٢ سم٣ في ١٠٠٠ سم٣ دم .

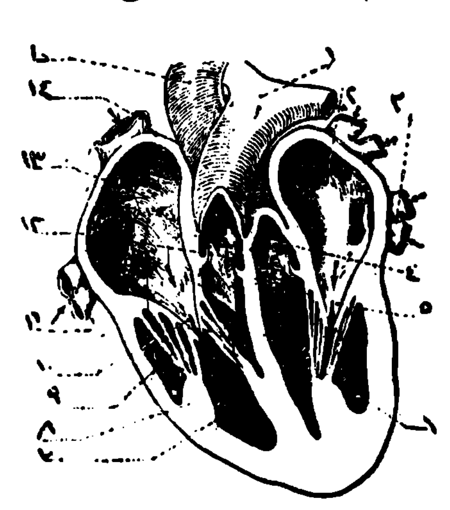
جهاز دوران الدم

يدور الدم في قنوات تدعى الاوعية ، ويندفع فيها بفضل تقلص عضلة القلب التي تقوم بدور مضخة ماصة كابسة .

١ — القلب

تجربة : تشريح القلب عملياً .

هو كتلة لحمية حمراء شكلها مخروطي وحجمها كحجم قبضة اليد ووزنها يراوح بين ٢٥٠ و ٣٠٠ غرام . ويسكن القلب في الصدر بين الرئتين وتفسح الرئة اليسرى مكاناً في أسفل وجهها الانسي . وتتجه ذروته الى الاسفل والوحشي والامام ، وتستند الى الحاجب الحاجز ، اما قاعدته فتتجه على العكس الى العالي والانسي والوراء ويشاهد على سطح القلب الظاهر ثلمان إحدهما طولي يمر الى اليمين من ذروة القلب قليلا ، والثاني عرضي وتسكن في هذين الثلمين الاوعية التي تغذي القلب نفسه ، ويحدد الثلمان المذكوران على سطح القلب الظاهر ، منطقة اذينية بنفسجية ورخوة ، تشغل الثلث العلوي من القلب ، ومنطقة بطينية مخروطية مقاومة تشغل الثلثين السفليين .



مقطع قلب

١ - شريان رئوي ٢ - اذينة يسرى
٣ - اوردة رئوية ٤ - دم قان
٥ - مصراع ٦ - بطين ايسر
٧ - بطين ايمن ٨ - عمود لحمي
٩ - الياف ١٠ - مصراع مثلث الشرف
١١ - الوريد الاجوف السفلي ١٢ - حاجز ١٣ اذينة يمنى ١٤ - الوريد الاجوف العلوي ١٥ - الوتين

ويتألف القلب من قسمين متميزين منفصلين عن بعضها تمام الانفصال وهما القلب الايمن وفيه الدم الماتم والقلب الايسر وفيه الدم القاني . ويتألف كل قسم من جوفين جوف علوي يسمى الاذينة وجدرانه رقيقة رخوة ، وجوف سفلي يسمى البطين وجدرانه اثخن واصلب ، ويتصل الجوفان بفوهة هي الفوهة الاذينية البطينية مفتوحة في حجاب يدعى الحجاب البطيني الاذيني ، ومجهزة بالتوءآت غشائية تدعى المصاريع ويسمى المصراع الايسر منها الاكليلي وفيه صفيحتان ، ويسمى المصراع الايمن مثلث الشرف وفيه ثلاث صفائح . والصفائح هذه مثلثة تلتصق قاعدتها بحافة الفوهة وتتجه ذروتها الى الاسفل متدلية في جوف البطين وترتبط ذرى الصفائح بألياف وترية مع بروزات قوية عضلية تبرز من الجدار البطيني وتسمى العضلات الحليمية او العمد اللحمية ، وتسمح المصاريع بمرور الدم من الاذينة الى البطين وتحول دون رجوعه بالاتجاه المعاكس (اي من البطين الى الاذينة) .

ويصب في الاذينة اليمنى الوريدان الاجوفان العلوي والسفلي ، كما ينصب فيها ايضاً الوريد الاكليلي الوارد من جدار العضلة القلبية نفسها اما الاذينة اليسرى فتصب فيها الاوردة الرئوية الاربعة .

وينشأ من الزاوية العليا لكل بطين شريان . فمن البطين الايسر ينشأ من الوتين ومن البطين الايمن ينشأ الشريان الرئوي . وعلى كل من فوهتي هذين الشريانين ثلاث جيوب تدعى المصاريع السينية (او الهلالية) تسمح بمرور الدم من البطين الى الشريان ، وتحول دون رجوعه الى البطين .

بنية جدار القلب : يتألف جدار القلب من ثلاث اقمصة :

١ — قميص باطنة ، وهي غشاء مخاطي يبطن الاجواف .

٢ — قميص متوسطة ، وهي عضلة تتألف من الياف عضلية مخططة غير ارادية وتسمى عضلة القلب ، وهي ترق في الاذينتين وتغلظ في البطينين ولا سيما في البطين الايسر حيث يبلغ ثخن الجدار ثلاثة اضعاف ثخنه في البطين الايسر وذلك لان العمل العضلي في البطين الايسر اكبر منه في البطين الايمن .

٣ — قميص خارجية : وهي مصلية تحيط بالعضلة القلبية وتدعى التامور ، وتتألف

كسائر المصليات من وريقتين ، وبين الوريقتين جوف يدعى جوف التامور فيه سائل قليل الكمية يسهل انزلاق الوريقتين بعضها يدعى السائل التاموري . ويسهل التامور هكذا حركة القلب ، وقد يلتهب والتهابه خطر جداً .

اعصاب القلب : للقلب جملتان عصبيتان : أ ـ جملة خارج القلب تتألف من اغصان الاعصاب القلبية الودية والرئوية المعدية (الضفيرة القلبية) .

ب - وجملة عصبية مستبطنة لجدار القلب يتألف من كتل من الخلايا العصبية تدعى المقد العصبية القلبية وتتصل هذه المقد بألياف قليلة التميز في عضلة القلب ، وهي ألياف عضلية احتفظت بحالتها الجنينية . وتميز من المقد عقدتان اصليتان : فالاولى وطولها سانتمتران تقع في مصب الوريد الاجوف العلوي . وترتبط بالثانية بسلسلة من الخلايا العصبية . اما الثانية فأطول وتقع في الجدار الحاجز بين الاذينتين ، عند حدود الاذينية البطينية اليمنى .

ملاحظة : يحتوي الحجاب الحاجز بين الاذينتين على انخماص (حفرة بيضية) يدل على مكان فوهة (ثقب بوتال) موجودة في الجنين فقط ، تشرك فيه الاذينتين معاً . وقد تبقى هذه الفوهة بعد الولادة فتكون مرضاً يسمى المرض الازرق .

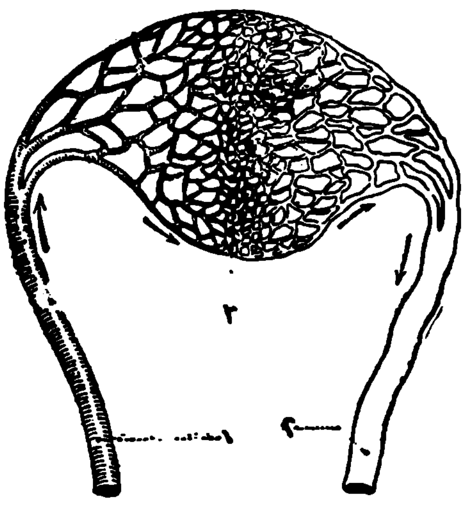
وبالاجمال يعتبر القلب عضلة مجوفة تدعى العضلة القلبية تتميز من الوجهة التشريحية بان اليافها مخططة لاتخضع للارادة . ومن الوجهة الفيزيولوجية بأنها اول عضلة تبدأ بالعمل ، وأنها لاتعرف للتعب سبيلاً .

شكل (١٨٣)
اعصاب القلب
١ - عقدة كايت فلاك ٢ - عقدة تاوارا ٣ - حزمة هيس ٤ - عقدة ودية رقبية ٥ - عصب رئوي معدي

الاوعية الدموية

الشرايين ، الشعريات ، الاوردة

الشرايين اوعية تصدر عن البطينات وتنشأ دائماً من جذع واحـــد ، ويجري الدم فيها نحو الاعضاء ، وهي توزع الدم الى سائر انحاء البدن لذا تتفرع الى فروع مندرجة في الصغر تسمى الشرينات ، وتسمى ادق الشرينات ، الاوعية الشعرية او الشعريات ، وهي تصادف في كل نقطة من نقاط البدن . وتجتمع هذه الشعريات في الانسجة وتتفاغم ويصب بعضها في بعض ، فتكون اوردة صغيرة تدعى الوريدات ، ثم تجتمع هذه فتكون الاوردة التي تصب في الاذينتين بجذوع كبيرة : جذعين في الاذينة اليمنى، واربعة في الاذينة اليسرى .



شبكة شعرية

١ - القسم الانتهائي من الشريان ٢ - القسم الابتدائي من الوريد ٣ - شبكة شعرية

وهكذا يخرج الدم من القلب بالشرايين وتعود اليه بالاوردة، وتثبت ذلك في التجربة التالية: اذا ربطنا شرياناً ، اجتمع الدم قبل الرباط من جهة المحيط . وجهاز الدوران مسدود يحبس في داخله الدم الذي يروي على الرغم من انحباسه داخل الاوعية ، اصغر جزء من اجزاء البدن .

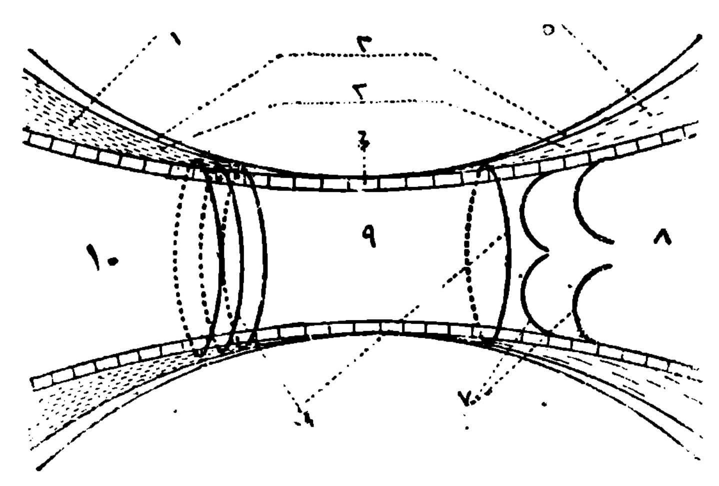
بنية الاوعية المقارنة : اولا — جدار الشرايين : تتألف جدران الشرايين من ثلاث اقمصة :

١ — قميص باطنة او بطانة ، وهي مخاطية تتصل بالشغاف وتتألف من خلايا بشرية مسطحة يضاعفها نسيج ضام .

٢ — قميص متوسطة ، وهي عضلية تتألف في الاوعية الكبيرة او المتوسطة من الياف مرنة كثيرة ، وتتألف في الاوعية الصغيرة من الياف عضلية ملس دائرية . فالشرايين الكبيرة اذن مرنة يحدث قطعها نزفاً غزيراً وخيم العاقبة لان مقطعها يبقى مفتوحاً . أما الشرايين الصغيرة فهي قابلة للتقلص والانسداد .

٣ — قميص خارجية : وهي ليفية رقيقة تتوزع فيها الاوعية والاعصاب .

ثانياً — جدار الشعريات : يتألف من الغشاء المخاطي فقط ، ويتراوح قطر الاوعية الشعرية بين ٦ و ١٢ صغيرا ، وهي مرنة قابلة للتقلص وينشأ تقلصها اما من خاصة تتصف بها هيولى الخلايا البشرية نفسها او من تقلص الخلايا الضامة التي تحيط بالوعاء الشعري نفسه وتكون بشرته المحيطية .



بنية الاوعية الدموية المختلفة

١ ـ الياف مرنة عديدة ٢ ـ قميص ظاهرة ليفية ٣ ـ قميص متوسطة عضلية ٤ ـ قميص داخلة
٥ ـ قميص باطنة مخاطية ٦ ـ الياف عضلية ملس ٧ ـ مصاريع بشكل عش الحمام
٨ ـ وريد ٩ ـ شعرية ١٠ ـ شريان

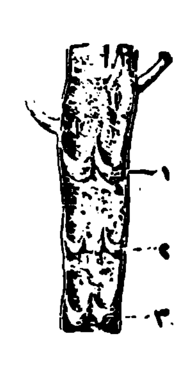
ثالثاً — جدار الاوردة : هو اقل ثخناً واكثر رخاوة من جدار الشرايين ويتألف خاصة من نسيج ضام . ونميز فيه ايضاً ثلاثة أقمصة :

١ – قميص باطنة : وهي مخاطية تشبه القميص المماثلة في الشرايين .

٢ – قميص متوسطة : وفيها الياف عضلية ملس واليـاف مرنة متفاغمة قليلة العدد . فالاوردة اذاً قليلة المرونة ولا يسبب قطعهـــا نزفاً وخيماً لان جدرانهـا المقطوعة تنطبق على بعضها فتسد الوعاء ، وهي قابلة للاتساع (الاوردة الداليـــــة) ويجتمع الدم فيهـا بعد الموت .

٣ – قميص خارجية : وهي ثخينة ضامة حافلة بالاوعية المغذية وتوجـد في الاوردة (عـدا اوردة الرأس والرئتين والكليتين ووريد البـاب) التواءآت ملتصقة بالجدران تكون مصاريع بشكلا عش الحمام يتجه تقعرها نحو القلب وهي تسمح بجريان الدم نحو القلب وتحول دون رجوعه الى الوراء او الاسفل لاسيما في الطرفين السفليين .

وتكون الشرايين عادة عميقـة في البدن ما عدا الشريانين الكعبري والسباتي . ويرافق كل شريان وريدان عميقان . وتوجد اوردة سطحية تكون شبكة وريدية تحت الجلد . اما سعة الجملة الوريدية فهي ضعف سعة الجملة الشريانية تقريباً .



شكل (١٨٦)
وريد مفتوح ١ ، ٢ ، ٣ :
مصاريع بشكل عش الحمام

فيزيولوجيا الدوارن

تتحرك كتلة الدم بفضـــل تقلصات العضلة القلبيـة التي تحـدث ضغطاً ينتقل الى الشرايين ومنها الى الشعريات والاوردة، فيساعد الضغط المتواصل هذا على اندفاع الدم من القلب وعلى عودته اليه . واذا توقفت تقلصات القلب عن حركتهـا توقفت معها الدورة الدموية وانقاد الجسم الى الموت .

فيزيولوجيا القلب

يقوم القلب بدور مضخة ماصة كابسة فيستنشق دم الاوردة بالاذينتين ويدفع دم البطينين الى الشرايين . ويمر الدم بين عمل المص والكبس من الاذينتين الى البطينين وتدرس وظيفة القلب هذه بالملاحظة المباشرة وبالتسجيل .

الملاحظة المباشرة : تجوبة : لنفتح القفص الصدري في ارنب ونجرد القلب فيه للعيان فنلاحظ ان القلب يتقلص تقلصات منتظمة تدعى الضربات ، وتستمر كل ضربة من هذه الضربات في الانسان مدة تقدر بـ ٠،٨٥ من الثانية ، فيضرب القلب فيه هكذا وسطياً حوالي ٧٠ ضربة في الدقيقة وتبدل هذا العدد جملة في العوامل نذكر منها :

آ — السن : فالضربات سريعة في الطفل ثم تتناقص تدريجياً وتعود الى الاسراع في الشيوخ .

ب — الجنس والقامة : فالضربات سريعة في المرأة وفي قصار القامة .

ج — التمارين والانفعالات والحمى · وكلها تسرع ضربات القلب بينما يبطئها النوم .

د — نوع الحيوان : اذ تسرع الضربات كلما كان الحيوان قصير القامة .

وتمكننا الملاحظة المباشرة ، وان كانت لا تفي تماماً بحاجة الدرس ، من اجتناء المعلومات التالية : تتألف كل ضربة من ضربات القلب من ثلاثة ازمنة : زمن تتقلص فيه الاذينتان ويدعى بالانقباض الاذيني ، وزمن يتقلص فيه البطينان معاً ويدعى بالانقباض البطيني ، وزمن يستريح فيه القلب كله فيعود الى حجمه الاصلي ويسمى الاسترخاء العام. وتتوالى هذه الازمنة الثلاثة دائماً بنظام متماثل ، ويدعى تواليها مرة واحدة دورة قلبية وتدوم ٠،٨٥ من الثانية تقريباً . ولندرس الآن ماذا يحدث في القلب في كل زمن من هذه الازمنه على حدة .

١ — دور الاسترخاء : يصل فيه الدم العاتم الى الاذينة اليمنى بالوريدين الاجوفين

العلوي والسفلي ، ويصل الدم القاني، الى الاذينة اليسرى بالاوردة الرئوية الاربعة ،فتمتلىء فيه هكذا الاذينتان .

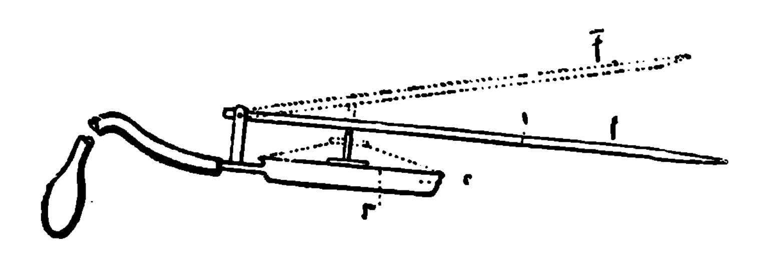
٢ — دور الانقباض الاذيني : يطرد الدم فيه من الاذينتين الى البطينين ،فينفتح فيه المصراعان الاكليلي ومثلث الشرف ، ويسمحان بمرورم الدم الى البطينين .ولا يستطيع الدم العودةالىالاوردة الرئوية ولا الى الاجوف العلوي بسبب ضغط الدم الوارد كما يعترض مصراع تهبيزيوس ومصراع اوستاش عودته الى الوريدين الاكليلي والاجوف السفلي .

٣ — دور الانقباض البطيني : هو اطول واقوى من الدور السابق ويندفع الدم العاتم فيه الى الشريان الرئوي من البطين الايمن كما يندفع في الوقت نفسه الدم القاني، من البطين الايسر الى الوتين ، ولا يستطيع الدم العودة الى الاذينتين لان المصاريع الاكليلية ومثلثة الشرف ، بتأثير ضغط الدم الواقع على وجوهها السفلى ، تسد الفوهتين الاذينيتين البطينيتين سداً محكماً . ومتى انتهى الانقباض يميل الدم المضغوط في قطعتي الوتين والشريان الرئوي القائمتين الى العودة الى البطينين فتعترضه المصاريع السينية وتمنع عودته . وتكون الاذينتان فيهذا الدور مسترخيتين وتبدآن بالامتلاء بالدم اذ يحدث فراغها منه بعد انقباضها استنشاقاً يستدعي اليها الدم من الاوردة ثم تنقبضان من جديد في دورةقلبية ثانية وهكذا دواليك .

ولنذكر ان انقباض البطين الايسر اشد بكثير من انقباض البطينالايمن المواقت لان جدار الاول اثخن من جدار الثاني وعمله ابعد مدى . وقد شوهدت حركات القلب عياناً تحت دريئة الاشعة السينية (اشعة X) .

طريقة التسجيل : تستخدم فيها اجهزة تدعى المسجلات القلبية ويتألف المسجل القلبي من مجل من المطاط يدعى المجل السابر ، يتصل بواسطة انبوب من المطاط ايضاً ، بصندوق غشائي يدعى طبلة ماري . ويتألف هذا الصندوق من علبة معدنية يغلقها غطاء رقيق جداً من المطاط . وتستند على غطائها ساق معدنية تتصل بذراع رافعة ، وفي نهاية الذراع قلم يستند الى سطح اسطوانة مسجلة مطلية بالهباب الاسود . وتدور الاسطوانة المسجلة حول محورها بسرعة متساوية . فينتقل كل ضغط يقع على المجل الى طبلة ماري التي يرتفع غطاؤها

فيحرك ذراع الرافعة التي تسجل الحركة بعـــد تكبيرها . اما المسجلات فتصنع منها انواع دقيقـة توضع في ابر معدنيـة مثقوبة يستطـــاع ادخالها في اوعية الحيوانات الكبيرة كالحصان والثور ودفعهـا منها الى القلب . ونستخدم للوصول الى القلب ، طريق الوريد الوداجي الايمن ، وللوصول الى القلب الايسر طريق الشريان السباتي الايسر



(شكل ١٨٧) طبلة ماري
ا و ا - وضعيتا ذراع الرافعة ١ - ذراع الرافعة
٢ - الطبلة المعدنية ٣ - غشاء مطاط

فاذا ادخلنا مسباراً الى كل جوف من اجواف القلب حصلنا على مخطط يبين تقلصات هذه الاجواف في دورة قلبية كاملة ، ويسمى مخطط القلب ، ونجتني من قراءة هـــذا المخطط معلومات عن قيمـة الادوار القلبية ومدتها النسبية في الدورة الواحدة كما نعرف اشكال خطوط الاذينات وخطوط البطينات ، وقد وجدت مدة الادوار القلبية في الحصان كمايلي:

الانقباض البطيني : $\frac{٢}{١٢}$ من الدورة القلبية التامة (٠،٢ من الثانية)

الانقباض الاذيني: $\frac{٤}{١٢}$ من الدورة القلبية " (٠،٤ من الثانية)

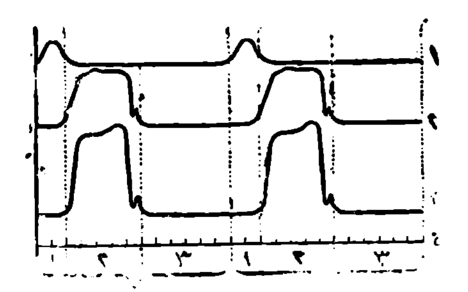
الاسترخاء العـام: $\frac{٦}{١٢}$ من الدورة القلبية " (٠،٦ من الثانية)

فيعمل القلب في الحصان $\frac{٦}{١٢}$ من مدة الدورة التامة ويستريح $\frac{٦}{١٢}$ منهـــا فلا يعمل في

اربع وعشرين ساعة اذن سوى اثنتي عشرة ساعة فقط

شكل (١٨٨)
١ - المسجل القلبي الداخلي
مجل سابر ٢ - طبلةماري
٣ - اسطوانة مسجلة

ويكون القلب في الاسترخاء رخواً ليناً ويتكور في الانقباض ، ويزيد قطره الامامي الخلفي ، فتدفع ذروته نحو جدار الصدر وتصطدم به في النقطـــة بين الضلعين الخامسة

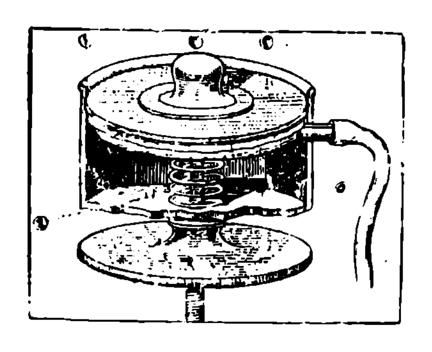


شكل (١٨٩)
مخطط ضربات قلب الحصان بمسجل داخلي
١ - اذينة يمنى ٢ - بطين ايمن ٣ - بطين ايسر ٤ - الزمن بأعشار الثانية المعترضة:
١ - الدورة الاولى ٢ - الدورة الثانية

والسادسة في حذاء حلمة الثدي الايسر وانسيها بأصبعين تقريباً ؛ ونسمي اصطدامهـا هذا بجدار الصدر صدمة قمة القلب ، ونسجل بتطبيق محجل سابر على جدار الصدر في المنطقـة المعينة ، او باستعمال مسجل قلبي خارجي .

ويتألف المسجل القلبي الخارجي (شكل ١٩٠) من محفظة معدنية غطاؤها من المطاط في وسطه زر ناتىء يطبق على جدار الصدر بين الضلعين الخامس والسادس، في منطقة القمة ، وتنتقل تبدلات الضغط الحادثة بتأثير صدمة القمـة ، الى طبلة مسجلة . وتشبه الخطوط في هـذا التسجيل خطوط التقلص البطيني التي رسمها المسجل الداخلي . وبفضل هذا الجهاز درست تقلصات القلب في الانسان فوجد ان قلبه ينبض ٧٠ مرة في الدقيقة وان التقلص الاذيني يدوم ٠،١ من الثانية وان التقلص البطيني يستمر ٠،٣ من الثانية ويبلغ الاسترخاء ٠،٤ من الثانية ثانية .

اصوات القلب : لنضع اذننا على جدار الصدر في منطقة القمة ولنضمها بهدوء ، فنسمع



شكل (١٩٠)
المسجل القلبي الخارجي
١ - محفظة معدنية ٢ - غطاء مطاط
٣ - زر يطبق على القلب ٤ - نابض
يسند الزر ٥ - انبوب يتصل براسمة مسجلة

صوتاً خشناً مديداً يحدثه تقلص المضلة القلبيـــة الشديد مع انغلاق الدسامات الاكليلية ومثلثة الشرف ، ويسمى الصوت الاول ، ويلي هذا الصوت سكون قصير المدة ، ثم نسمع صوتاً قصيراً جافاً ينشأ من انغلاق المصاريع السينية المفاجيء ويسمى الصوت الثاني . ويلي هذا الصوت سكون طويل ، ثم نسمع من جديد الصوت الاول وهكذا .

وقد تنضم الى هـــذه الاصوات الطبيعية أصوات مرضية تستعمل لضبطها، متى كانت خفيفة، آلة خاصة تسمى المسمع .

قوة القلب : يدفع القلب الدم الى الدوران فهو اذن يقوم بعمل . وتقدر قوته بالضغط الذي تحدثه عضلته المتقلصة ، في الدم الموجود في اجوافه . وتزيد هـذه القوة أو بالحري يزيد الضغط متى عاقت الدوران عائقة فيضخم القلب ليقوي تقلصه . ويدفع البطين الايسر في التقلص الواحد في الانسان ، كمية من الدم تتراوح بين ٦٠ و ٧٠ غراماً بضغط يعادل وسطياً ١٥ سم من عمود الزئبق ، وتدعى هذه الكمية النفصة (الدفعة من الدم).وينقص الضغط كلما ابتعد الدم عن القلب وهو خفيف في الشريان الرئوي (٥ سم) لضعف تقلص البطين الايمن . ولنذكر ان الدم يخرج من القلب دفعات متقطعة متوالية تواترها ٧٠ في الدقيقة ، وسنرى فيما بعـــد كيف تحول الشرايين هذه الدفعات المتقطعة الى تيار دموي متواصل

نظم القلب وتأثير الجملة العصبية فيه :القلب جهاز عضلي معقد .تلفت النظر فيه ذويته، إذ يشتمل بنفسه على عناصر حركته . فاذا عزلنا قلب ضفدع ووضعناه في محلول متساوي التوتر من ملح الطعام في الماء (٨ بالالف) ، فانه يستمر على ضرباته ساعات . واذا عزل

قلب حيوان من الثدييات فانه يستمر على ضرباته ساعة واحدة في هذا المحلول . ويستطاع تطويل هذه المدة بوضع القلب في دم مزال ليفينه او في سائل وانجرلوك . وتضمن استمرار النظم الجملة العصبية المستبطنة للقلب نفسه . فينشأ التنبه المحرك في العقدة العصبية القلبية الاولى ويقلص الاذينتين ، ثم ينتشر نحو العقدة الثانية ويستغرق انتشاره اليها في $\frac{٣}{١٠٠}$ من الثانية فتنقله هذه العقدة بواسطة حزمة خاصة الى البطينين فيتقلصان، ويقدر زمن انتشار التنبيه من العقدة الثانية الى البطينين $\frac{٦}{١٠٠}$ من الثانية. واذا اختل هذا الاتصال بآفة افرنجية او غيرها في الحزمة ، حدث الانفصال الاذيني البطيني او انحصار القلب ، فتنحصر التنبيهات في الاذينتين ولا تتعداهما الى البطينين . بيد أن البطينين يستمران على التقلص بتقلصات بطيئة تبلغ الثلاثين في الثانية ، وقد عزيت هذه التقلصات الى وجود عقد عصبية اضافية في جدار البطينات ، تدخل في العمل متى اصيبت الحزمة، فتضرب الاذينتان هكذا ٧٠ مرة في الثانية بينما يضرب البطينان ثلاثين فقط .

أما الجملة العصبية المركزية فينحصر عملها في تبديل نظم القلب تبديلا يتفق مع حاجات البدن . وتتألف الضفيرة العصبية القلبية ، من اجتماع نوعين من الالياف العصبية : الياف ودية والياف نظيرة الودية (الرئوي المعدي) . فالالياف الرئوية المعدية معدلة او نلهية تحدث تنبيهاً بطيئاً في الضربات ، واذا كان التنبه شديداً وقف القلب في دور الارتخاء، واذا قطعت اسرع القلب لزوال عملها المعدل ، اما الالياف الودية فهي مسرعة تحدث تنبيهها خفقاناً . واذا كان التنبيه شديداً وقف في دور الانقباض .

وقد كشفوا مركز انعكاس معدل لحركات القلب في البطين الرابع ، كما كشفوا ايضاً مركز انعكاس لسرعها ، في الناحية الرقبية الظهرية من النخاع الشوكي . وقد أيد الاختبار ذلك فأظهر أن الاعصاب المعدلة والمسرعة تعمل ايضاً بالانعكاس ، فتبدل الانفعالات والآلام نظم القلب كما تبدله بعض السموم، فتسرعه الاتروبين وتوقفه الموسكارين بالاسترخاء . اما الديجيتالين فتقوي العضلة وتنظم ضرباتها .

الدوران في الشرايين

الدوران في الشرايين نابذ يقود الدم من القلب الى الاعضاء ، ويتم بفعل الضغط المتولد من تقلص العضلة القلبية ، فاذا قطعنا شرياناً تفجر الدم بقوة الى بعد ، وتمر الى الشرايين كمية من الدم في كل انقباض بطيني ، ومرورها هذا متقطع ، بيد ان تيار الدم المتقطع يتحول الى تيار متواصل بفضل ثلاثة عوامل اساسية :

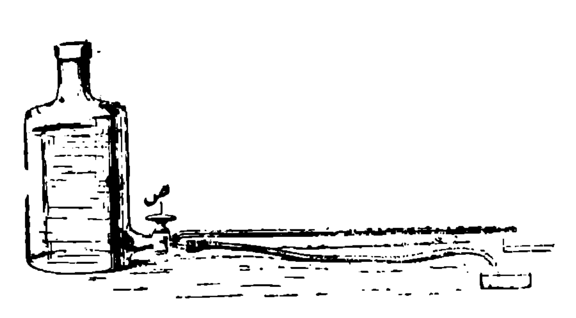
١ — مرونة الشرايين .

٢ — المقاومة التي يلاقيها الدم متى وصل الى الشرايين الصغيرة والشعريات .

٣ — التقلص الذي يحدث في الشرايين الصغيرة ايضاً بتأثير الاعصاب المحركة للاوعية . وهكذا نرى ان الشرايين ليست قنوات ساكنة انما تلعب دوراً هاماً في تسهيل الدوران وتنظيمه .

دور القميص المرن في الشرايين الكبيرة والمتوسطة : تضمن المرونة الشريانية استمرار تيار الدم فتحول دفعات الدم المتقطعة الصادرة عن القلب الى تيار مستمر ، فاذا فتحنا شرياناً كبيراً قريباً من القلب تفجر الدم بدفعات متوالية توافق الانقباضات البطنية وقد سمينا الدفعة من الدم النفصة . واذا قطعنا على العكس شرياناً صغيراً بعيداً عن القلب سال منه الدم سيلاناً مستمراً . وتثبت دور مرونة الشرايين هذا بتجربة ماري التالية :

لنأخذ قارورة لها في اسفلها صنبور ذو فرعين . ثم لنصل احد الفرعين بأنبوب زجاجي ولنصل الثاني بأنبوب من المطاط على ان يكون قطر الانبوبين متساوياً . ثم لنملأ القارورة بسائل ولنفتح الصنبور ولنغلقه مرات متوالية ، فنلاحظ ان السائل ينصب من



(شكل (١٩١) تجربة ماري
ص — صنبور يتصل بانبوبين ، واحد من الزجاج ، والثاني من المطاط .

الانبوب الزجاجي متقطعاً بينما ينصب من انبوب المطاط متواصلاً واذا جمعنا كمية السائل المنصبة في زمن معين وجدنا ان الكمية المنصبة من انبوب المطاط اكبر من التي انصبت من انبوب الزجاج . وهكذا نستنتج ان الشريان المرن يستوعب كمية اكبر من الكمية التي يستوعبها شريان غير مرن وان تساوى القطران . وتخفف مرونة الشرايين عمل القلب لذلك ، متى تصلبت الشرايين وفقدت مرونتها ، يضخم القلب لاضطراره الى القيام بعمل اكبر فيتعرض حينذاك الى التعب والقصور .

التوتر الشرياني (الضغط) : اذا قطع احد الشرايين يندفع الدم منه بقوة تدل على انه كان واقعاً تحت تأثير ضغط . وتبدي الشعريات مقاومة عظيمة لدوران الدم بسبب وفرتها وضيق قطرها الشديد فتنجم قوى احتكاك تلجم الدوران وتكون لذلك ذات اهمية كبيرة ولا يتغلب الدم على هذه المقاومة الا لأنه يسيطر على الجملة الشريانية بضغط كاف . وينتج هذا الضغط من جهة عن نظم حركات القلب وقوة التقلصات القلبية ومن جهة اخرى عن رد الفعل الذي تقوم به جدران الشرايين على كتلة الدم فالشرايين تتمدد ولكنها بفضل مرونتها تعود الى حجمها الاول مما يؤدي الى انضغاط الدم الذي ينتقل الى جدار الاوعية فيسبب فيها توتراً مستمراً .

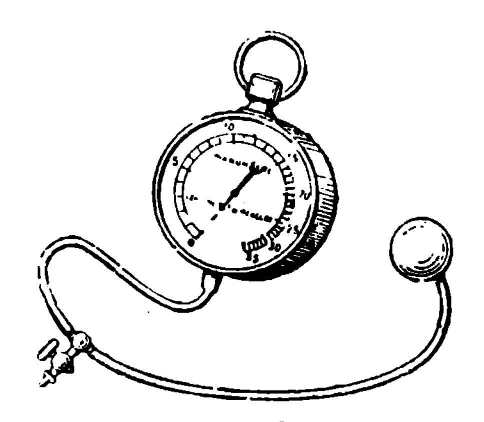
ويتبدل التوتر احياناً في الشخص نفسه بحسب الحالات التي يتعرض اليها . فهو يزيد في الشرب الكثير لزيادة كتلة الدم في الخفقان (لزيادة عدد النبض في الدقيقة) وفي تضيق الشعريات ، وفي تصلب الشرايين ويسمى زيادته ارتفاع التوتر الشرياني ، ويحدث عكسه اي هبوط التوتر متى ضعفت العضلة القلبيـة او متى خفت كمية الدم كثيراً كما في عقب النزيف الغزير .

قياس التوتر الشرياني : يستعمل لذلك مضغاط زئبقي (مقيـاس ضغط) مؤلف من انبوب بشكل U تملأ احـدى شعبتيه بمادة مانعـة لتخثر الدم ككبريتات الصوديوم او حماضاته ، وتوصل بقنيوة مدببة تدخل الا الشريان ، وتوضع على سطح الزئبق في الشعبة الثانية عوامة لها ساق قائمة تتصل بابرة تستند الى اسطوانة مسجلة مطلية بالهباب ، فنحصل هكذا على خط بياني يوضح قيمة التوتر وتبدلاته . وقد وجد ان التوتر في سباتي الكلب

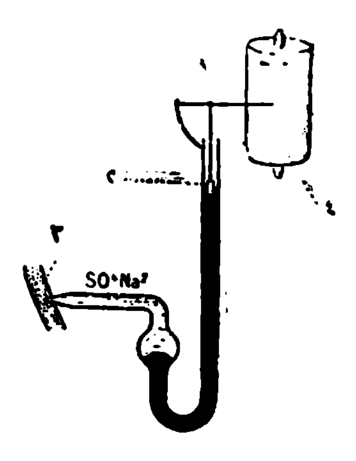
١٥ سم وانه يزيد وقت الانقباض البطيني سانتمتراً واحداً .

ويستعمل الاطباء اجهزة مدرجة خاصة لقياس هـذا التوتر في الانسان ، وهي تتألف من مضغاط حساس يتصل بأنبوب بكم او جيب من المطاط . ويتصل الجيب بأنبوب من المطاط ايضاً بأجاصة مرنة يدفع الهواء بواسطتها الى الجيب .

اما طريقة الاستعمال فهي ان يلبس الكم او الجيب على العضد او المعصم وان يملأ بالهواء المضغوط ، الذي يضغط بدوره على الشريان العضدي او الكعبري ضغطاً متزايداً حتى يقف



شكل (١٩٢)
مضغاط مقياس ضغط النبض



شكل (١٩٣)
قياس التوتر (الضغط) الشرياني
١ ـ قلم مسجل ٢ ـ هوامة
٣ ـ شريان ٤ ـ أسطوانة مسجلة

النبض ، حينئذ يكون الضغط الحاصل في الكم مساوياً لضغط الدم وتدل عليه ابرة المضغاط . وتهم الطبيب في الانسان ، معرفة توتر الدم الاقصى ، اي التوتر الانقباضي (وهو يساوي ١٤ سم وسطياً) وتوتره الادنى اي التوتر الاسترخائي (وهـو يساوي ١٠ سم) والتفاضل بين التوترين الذي يجب ان يكون ثابتاً تقريباً يساوي ١،٥.

سرعة الدوران : وقد توصلوا ايضاً الى قياس سرعة الدم فوجدوا انها تتناقص كلما ابتعدت عن القلب لان قطر الجملة الشريانية يتسع وتبطىء في الشعريات مما يسمح باتمام المبادلات الغذائية المختلفة عبر جدار الشعريات .

النبض: تظهر الدورة السريانية للعيان بفضل النبض تمدد النفصة القسم الاول من الوتين لتفسح لنفسها مكاناً ويظهر هذا التمدد على جدار الشريان بعد كل انقباض، وينتشر فيه كالموجة، بسرعة تبلغ تسعة امتار في الثانية ونشعر بهذا التمدد المنتشر اذا ضغطنا شريانا على سطح عظمي (الشريان الكعبري او الصدغي) ونسميه النبض، (ويجب ان لا نخلط بين انتشار موجة التمدد هذه في جدار الشريان وبين سيلان الدم فيه، اذ ان الموجة قد تنتشر حتى من خلال رباط على الشريان، وسرعتها اكبر بكثير من سرعة الدم).

ويتأخر الشعور بالنبضة الموافقة لانقباض معين في الشرايين البعيدة عنه في الشرايين القريبة، لان انتقال الموجة في جدار الشريان يقتضي بعض الوقت. مثلاً نشعر بالنبضة في الشريان السباتي قبل شعورنا بها في الشريان الكعبري بعشر الثانية. ويفيد عد النبض في معرفة عدد الانقباضات في الدقيقة لان التواتر في الاثنين واحد.

عمل القميص العضلية في الشرايين الصغيرة: ينظم تقلص الشرايين الصغيرة كمية الدم الواردة الى الاعضاء. وتمد هذه الشرايين شبكات موزعة توزع الى كل عضو من الاعضاء كمية من الدم تناسب حاجته وحالته. فاذا كان في دور العمل اعطته كمية اكبر، واذا كان في دور الراحة خففت حصته وهكذا يرد من الدم الى العضلات في اثناء التقلص اكثر مما يرد اليها منه في اثناء الراحة، وتتورد الغدد متى نشطت وتبقى رمادية في حالة الراحة.

اما آلية هذا التنظيم فهي كما يلي: تتوزع في عضلات الشرايين الدائرية الملس الياف عصبية ودية تقلصها متى تنبهت، فينقص قطر الوعاء ويقل الدم الجاري فيه وهذا ما يحدث في اثناء الراحة. وقد سميت هذه الالياف العصبية الالياف المضيقة للاوعية، وينشأ من عملها الشحوب بتأثير الخوف والفرح والبرد والخ. وهنالك الياف عصبية اخرى تعدل عمل هذه او تنهاه كحبل الطبل وقد سميت الالياف الموسعة للاوعية، ويعود بتأثيرها قطر الوعاء المنقبض الى حالته الاصلية فيتسع ويجري فيه مقدارا اكبر (٥ مرات) من الدم فيحمر العضو الذي يرويه الوعاء ويسخن وينشط في عمله نشاطاً كبيراً. وقد بين العالم كلود برنارد تأثير الاعصاب في قطر الاوعية بقطع الودي في عنق ارنب نستنتج من ذلك ان القميص العضلية في الشرايين الصغيرة تلعب دوراً كبيراً في التغذي اذ بتنظيمها هذا تروي الاعضاء وتنظم تغذيها ونشاطها كما تنظم افراز الغدد والحرارة.

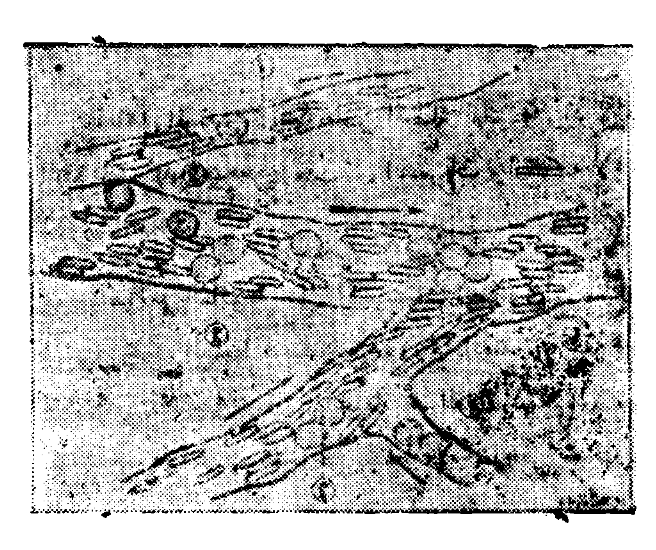
الدوران في الشعريات

يجري الدم في الشعريات ، وهي اوعية مرنة تتمدد وتتقلص ، ببطء زائد (٠،٥ مم الى واحد مم في الثانية) اما ضغطه فخفيف وتياره فيها مستمر متساوي . فينتشر الدم هكذا في شبكة وعائية لاتحصى اغصانهـــا ويحيط بكل جزء من اجزاء النسيج فيبادلها الاغذية والفضلات كما تنسل هذه الكريات البيض لتقوم بوظائفها في ناحية من نواح البدن ، وقد بينا آلية انسلالها فيما سبق .

ونشاهـد الدوران في الشعريات بوضوح تحت المجهر ، في ذنب الشرغوف او رئة الضفدع . فنشاهد مرور الكريات الحمر في الاوعية الدقيقة ، ونشاهد كيف تبدل هذه الكريات شكلها وتمر واحدة واحدة متى كان قطر الوعاء اضيق من قطرها (٢ — ٥ صغ) وتكون سرعتها في وسط الوعاء اكبر من سرعتها بتماس جدرانه كما في ماء الانهار فنلاحظ على الجدار طبقة ساكنة من المصورة تدعى الطبقة اللاصقة تكثر فيها الكريات البيض .

وبالاختصار يصل الدم بالشعريات الى غايته فيصبح بتماس خلايا النسيج .

وتبدل الشعريات قطرها على الرغم من تجردهـا من الطبقة العضلية المرنة وذلك بتأثير الاعصاب او بتـــأثير محصولات النشاط الخلوي في النسيج فيوسعهـا غـاز الفحم والهيستامين ، ويضيقها مولد الحموضة . ويعزى



شكل دوران الدم في الشعريات
١ – جدران الاوعية الشعرية ٢ – كريات حمر

تبدل قطرها اما الى تقلص الهيولى في خلايا الوعاء الشعري البشرية او الى تقلص الخلايا الضامة المحيطة بالوعاء .

الدوران في الاوردة

الدوران في الاوردة دوران جابذ او راجع يعود فيه الدم من المحيط الى القلب . وضغط الدم في الاوردة خفيف يتراوح بين ٥-١٥ مم من الزئبق ويخف كلما اقتربنا من القلب فهو ١ر٠ - ٦ر٠ من المم بالقرب من قلب الكلب ويساوي صفراً في وريده الوداجي .

اما سرعة الدم فتزيد في الاوردة كلما اقتربت من القلب (لان حجم الجملة الوريدية يتناقص حين تتجه من الاعضاء نحو القلب وتقدر بـ ١٥ سم في الثانية في الوريد الوداجي في الكلب بينما تكون ٣٠ سم في الثانية في الشريان السباتي الذي يرافق هذا الوريد . وقد رأينا ان العامل في جريان الدم في الشرايين هو تقلص العضلة القلبية ، اما جريان الدم في الاوردة فتتكاثف فيه عوامل عديدة منها عامل واحد رئيسي والعوامل الاخرى ثانوية .

العامل الرئيسي : هو تقلص العضلة القلبيـة . اذ يولد هذا التقلص ضغطاً وتوتراً في الدم يخف تدريجياً من القلب الى الشعريات ولكنه لاينعدم ، فيتقدم الدم بفضله في الاوردة صاعداً .

العوامل الثانوية : آ الاستنشاق الصدري : عنـدما يزيد حجم جوف الصـدر في الشهيق يخف الضغط فيه فتتسع الاوردة الصدرية لخفة الضغط على جدرانهـا الخارجيـة ويستدعي اليها الدم من المحيط نحو القلب اي من الاجوف السفلي الى الاذينة اليمنى . كما ان هبوط الحجاب الحاجز يضغط الاحشاء في جوف البطن فتضغط هذه بدورها وريد الباب والوريد الاجوف السفلي فتساعد على سوق الدم فيها نحو القلب .

ب ــ الاستنشاق القلبي : يحدث استرخاء البطينين بعـد انقباضها فراغاً يستدعي اليها الدم بالاستنشاق من الاوردة الرئوية ومن الاجوفين .

ج - الثقل : لهذه القوة تأثير مساعد في الدوران الوريدي فوق القلب وتأثير معاكس تحت القلب خاصة في اوردة الطرفين السفليين وتحول المصاريع هنا دون عودة الدم الى الاسفل بفعل الثقل .

د - تقلصات العضلات: تضغط العضلات اثناء تقلصها الاوردة التي

شكل دور المصاريع في الدوران الوريدي

تجاورها فتفرغ الدم من القلب. ويتم هذا الانفراغ نحو القلب بفضل وجود المصاريع التي تعين الاتجاه اذ لولاها لساقت التقلصات ، الدم في الاتجاهين ،الاتجاه المحيطي والاتجاه القلبي على حد سواء. وهكذا تسهل التمارين الرياضية والمشي والركض والقفز والدوران الوريدي الراجع بيد ان التقلص العضلي المديد المستمر يعيق هذا الدوران ويزعجه .

هـ - النبض الشرياني : ينتقل النبض الشرياني الى الاوردة التي ترافق الشريان والتي تكون محصورة معه في غمد ضام واحد . فيحدث اتساع الشريان اثناء النبض ضغطاً على الاوردة يسهل جريان الدم فيها .

نستنتج مما تقدم ان الاوردة اوعية منفعلة ليس لها عمل مباشر في جريان الدم نحو القلب بينما تعتبر الشرايين اوعية فاعلة لقميصها العضلية تأثير كبير في جريان الدم فيها . وقد يؤثر ضغط العمود الدموي وثقله في جدران الاوردة فيوسعها محدثاً مايعرف بالدوالي .

البلغم

يفيد في تغذية الانسجة سائل آخر غير الدم يدعى البلغم ، يحيط مباشرة بخلايا البدن فيستحق اكثر من الدم اسم الوسط الداخلي . وهو سائل مصفر شفاف قلوي التفاعل غزير الكمية يقدر وزنه بربع وزن البدن وقد نضح المجربون من ناسور في القناة الصدرية في بقرة ٩٥ ليتراً من البلغم في اربع وعشرين ساعة .

تركيبه : يشبه تركيب البلغم تركيب الدم بيد ان البلغم مجرد من الكريات الحمر . ويتألف من مصورة وكريات بيض فهو دم بلا لون . اما كرياته البيض فهي من فئة البلغميات وعددها : ٨٠٠ في الملم³ اي اكثر بقليل مما في الدم : ويكون عددها في البلغم الصادر من العقدالبلغمية اكبر منه فيالبلغم الوارد اليها ، اما المصورة فيشبه تركيبها تركيب مصورة الدم مع اختلاف في نسب المواد فيها ، فماؤها اكثر ونسبته ٩٥٪) وآحياتها اقل ويقل فيها مولد الليفين وسكر العنب بينما تكثر البولة . وفي مصورة البلغم كلور صوديوم بنسبة ٧ بالالف كما فيها ايضاً غازات : قليل من مولد الحموضة وكثير من ماء الفحم (٣١-٣٥٪ من حجم الغازات الكامل) . والبلغم الطبيعي اكثر فضلات واقل اغذية من الدم ويلعب دوراً كبيراً في تغذية النسيج ، فيقدم لها ماينقصها من الاغذية ويخلصها من الفضلات ، وقد شوهد في اثناء الهضم ان البلغم في الاوعية البلغمية المعوية (الاوعية الكيلوسية) أبيض فيه نسبة كبيرة من الدسم فأطلق على هذا النوع من البلغم اسم الكيلوس . ويزول اللون بعد انتهاء الامتصاص ويعود البلغم الى حالته الشفافة الطبيعية .

ويتخثر البلغم ببطيء فينفصل الى علقة بيضاء رخوة لا تنكمش ، حجمها أقل من حجم علقة الدم لان مولد الليفين الذي يكونها اقل كمية في البلغم منه في الدم ، والى سائل لا لون له .

منشأه : عندما يمر الدم في الشعريات ينتج قسم من مصورته عبر جدار الاوعية فيملأ

الافضية والفراغات في النسج الضامة ، وتنسل مع المصورة كريات بيض ، ويتكون من المصورة الناتجة والكريات البيض المنسلة البلغم . فالبلغم اذاً نتحة دموية تزيد كميتها بزيادة ضغط الدم في الاوعية .ولنضف الى النتوح وضغط الدم عاملا آخر يلعب دوراً كبيراً في تكوين البلغم وهو خلايا الشعريات البشرية التي تقوم بـــدور خلايا مفرزة تفرز البلغم وتطرحه خارج الاوعية الشعرية . ويثبت ذلك استمرار تكون البلغم حتى بعد ربط الشريان ربطاً يوقف دوران الدم فيه ويحذف النتوح . وينشط بعض المواد كالهضمونات وخلاصات العلق تكون البلغم فتسمى المواد المدرة للبلغم .

ومها يكن من امر فان كمية البلغم المتكون اكبر من كمية الدم.وقد جني من ناسور بلغمي في الطرف السفلي لانسان يزن ٦٠ كغ ، ١٢٥٠ غراماً من البلغم في الساعات الاثنتي عشرة التي تلت تناوله الطعام ، وهبطت هذه الكمية الى ٦٠ غراماً في الساعة بعد صيام دام ثمانية عشرة ساعة .

جهاز الدوران في الفقاريات

يحتوي دم الفقاريات على الدوام على كريات حمر ملونة بالخضاب وكريات بيض تسبح جنباً الى جنب في المصورة . وتكون الكريات الحمر اهليلجيــة وذات نوى في الفقــاريات البيوضة اما الثدييات الولودة فلها كريات حمر مدورة مجردة من النوى (يكون لهـا في الجنين نوى) .

١ - **جهاز الدوران في الاسماك:** يقع في قلب الاسماك ووراء الغلاصم مباشرة ويشتمل على جوفين فقط : اذينة وبطينة ، ولا يمر فيه سوى دم وريدي عـاتم . يعطي البطين بصلة شريانية يصدر عنها شريان غلصمي يعطي الى الجانبين اربعة ازواج تدعى الاقواس الابهرية تتوزع في الغلاصم مشكلة شبكات شعرية ، ويعود الدم من الغلاصم قانئاً بأربعة ازواج من الفروع الصادرة فيجتمع في جذرين ابهريين ، يجتمعان في الامام فتصدر عنها اوعيـة الرأس . ويجتمعان في الخلف فيشكلان الابهر الظهري الذي تذهب منه أوعية الجسم المختلفة

ويعود الدم الوريدي من الرأس بوريدين اصليين اماميين ومن بقية انحاء الجسم بوريدين اصليين خلفيين ، ووريد فوق الكبد . ثم تلتقي هذه الاوردة في قناتي كوفية اللتين تصبان في الجيب الوريدي الذي يوصله الى الاذينة فالبطين .

٢ — **جهاز الدوران في الضفادع :** ﺃ — في الشراغيف : يكون للقلب اذينة و بطين كما في الاسماك ، ويمتد من البطين بصلة شريانيـة تعطي شرياناً يتفرع الى اربعـة ازواج من الاقواس الابهرية . ومع نمو الشراغيف تتطور هذه الاقواس بالترتيب الآتي :

يتحول الزوج الرابع الى شريانين سباتيين ويتحول الزوج الثـاني الى شريانين ابهريين أما الزوج الثالث فيضمر .

ويتحول الزوج الرابع الى شريانين رئويين جلديين وذلك عند توقف التنفس الغلصمي وتشكل الرئتين .

ب — في الكهول : يصبح للقلب اذينتان و بطين واحد ، ويمتـد البطين ببصلة شريانية تصدر عنها ثلاثة أزواج من الشرايين وذلك بانقسامها الى مجريين بواسطة حاجز طولي ، فمن المجرى الايسر يمتد الشريانان الرئويان الجلديان ،ومن الايمن يمتد القوسان الابهريتان والسباتيان . يأتي الدم العاتم الى الاذينة اليمنى والدم القـاني الى الاذينة اليسرى . ثم يمر الدم الى البطين بدون أن يختلط اختلاطاً كاملاً . فيمر معظم الدم الوريـدي في الشريانين الرئويين الجلديين ؛ ويمر معظم الدم القاني في الشرايين الابهرية والسباتية .

٣ — **جهاز الدوران في الزواحف :**

آ — في المطايا والحيات والسلحفيات يتركب القلب فيها من اذينتين وبطين واحد .

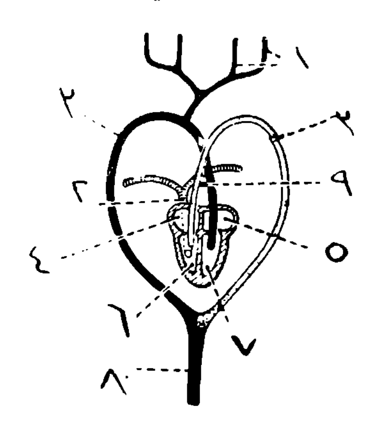
— يصب في الاذينة اليسرى الوريدان الرئويان اللذان يحتويان على الدم الاحمر القاني؛ ويصب في الاذينة اليمنى الوريدان الاجوفان العلويان والوريد الاجوف السفلي وكلها تحتوي على الدم العاتم.ويأتي الدم العاتم الى الاجوف السفلي من الوريد الكبدي والوريد الكلوي.

— والبطين يقسمه حجـــاب ناقص الى حجرتين غير متساويتـين فالحجرة اليمنى تصـدر عنهـا الشرايين الرئويـة الحـــاوية على الدم العـاتم . والحجرة اليسرى وهي أكبر شأن من اليمنى ينشأ عنهـا قوسان أبهريتان : تنشأ القوس

الابهرية اليسرى بالقرب من الشريان الرئوي وتحتوي على الدم العاتم اما القوس الابهرية اليمنى تخرج من الجهة اليسرى وتحوي الدم الاحمر القاني ويتفرع عنها الشرايين السباتيـة التي تروي الرأس وتغذيه . ثم تجتمع القوسان الابهريان بشريان واحد يختلط فيه الدم القاني مع الدم العاتم ويشكلان الابهر الظهري .

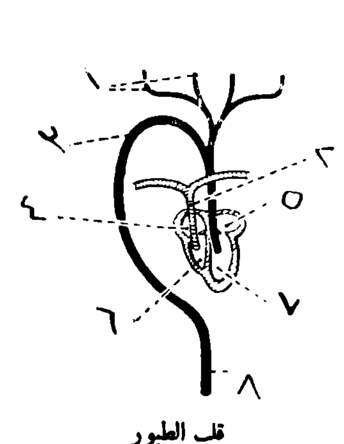
ب — في التماسيح : يصبح للقلب اربعة اجواف : اذينتان وبطينان وذلك من تـكامل الحجاب الناقص فيفصل تماماً بين جزئي البطين . وتنشأ من البطين الايسر القوس الابهرية اليمنى (دم قانيء) . ومن البطين الايمن تصدر القوس الابهرية اليسرى (دم عاتم) والشريان الرئوي . اما القوسان الابهريتان فتصل بينهما بالقرب من منشئهما فوهة بانيزا .

وحين يتقلص البطين فالدم العاتم بكامله يمر الى الشريان الرئوي بسبب اتساع فوهة هذا الشريان . اما الدم القانيء فيمر الى القوس الابهرية اليمنى ومنهـا الى القوس الابهرية اليسرى عبر فوهة بانيزا .



قلب الزواحف

١ – الشريان السباتي
٢ – شريان رئوي
٣ – قوس الوتين
٤ – اذينة يمنى
٥ – اذينة يسرى
٦ – بطين ايمن
٧ – بطين ايسر
٨ – وتين



قلب الطيور

١ – سباتي
٢ – شريان رئوي
٣ – قوس الوتين
٤ – اذينة يمنى
٥ – اذينة يسرى
٦ – بطين ايمن
٧ – بطين ايسر
٨ – وتين

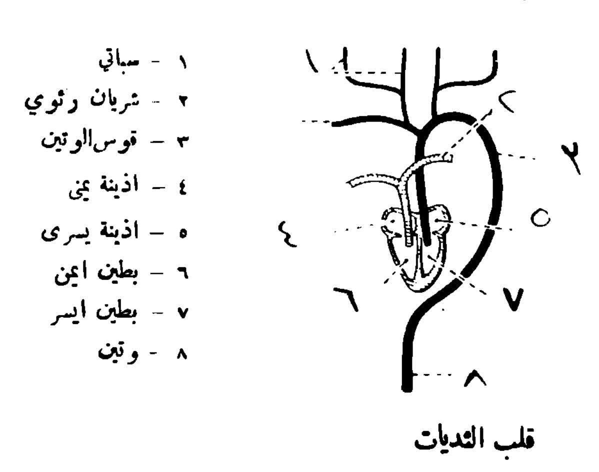
٤ — جهاز الدوران في الطيور :

يصبح القلب عند الطيور مؤلفاً من اذينتين اثنتين وبطينين اثنين وبهذا يشكل قلباً

ايمن دمه عاتم وقلباً ايسر دمه احمر قاني، ويكون جدار البطين الايسر أسمك من جـدار البطين الايمن .

وتصب الاوردة الرئوية الاربعة في الاذينة اليسرى كما تصب الوريدان الاجوفان العلويان والوريد الاجوف السفلي في الاذينة اليمنى ، ولم نعد نجد الا قوساً ابهرية واحدة تقع في الناحية اليمنى يتفرع عنها الشرايين السباتية ولكنها تنشأ من البطين الايسر. فجهاز الدوران في الطيور لايختلف عن جهـاز الدوران في التماسيح الا بضمور القوس الابهرية اليسرى .

وبهذا تكون الدورة الدموية مزدوجة وكاملة فيها الدم الاحمر القاني منعزلاً عن الدم الاحمر العاتم .



قلب الثدييات

٥ — جهاز الدوران في الثدييات :

ان قلب الثدييات شبيه بقلب الانسان له اذينتان وبطينان وكذلك الامر في الطيور ولكن القوس الابهرية فيه تقع في الناحية اليسرى .

اما في الجنين نرى الحجاب الفاصل بين الاذينتين مفتوحـاً بثقب يدعى ثقب Botal الذي لايلتئم الا قبيل الولادة فدعت هذه الظاهرة الى الاعتقاد بأن قلب جنين الثدييات (بما فيه قلب جنين الانسان) كأنه يعيد تركيب قلب الزواحف في نموه وتكامله .

كما يضمر فيه الوريد الاجوف العلوي والايسر ولم يعد فيه الا وريدان اجوفان الوريد

الاجوف العلوي والوريد الاجوف السفلي ؛ وتصب في هذا الاخير مجموعة الوريد الكبدي التي توجد في جميع الفقاريات .

والخلاصة يتطور جهاز الدوران في صفوف الحيوانات المختلفة من الاسماك الى الثدييات نحو دورة مزدوجة : دورة كبرى ودورة صغرى وصورة كاملة تامة لان كل نقطـــة من نقاط الدم ترسم دورة كاملة تامة فتخرج من البطين الايسر بالابهر وتعود اليه بعد ان تدور الدورتين . والدورة هذه ينعزل فيها الدم الى دم احمر قاني ودم احمر غاتم .

كما يتم التطور باختزال عدد الاقواس الابهرية وبزوال مجموعة الاوردة الكلوية وقد يعود مرد هذه التطورات في أعضاء الدوران الى انتقال الحيوانات من الحياة المائيـة الى الحياة الهوائية .



الوحدة الثالثة

التغذية في النبات

اغذية النباتات الخضر

تتغذى النباتات كالحيوانات بأخذ الاغذية اللازمة لحفظها وصيانتها ونموها ،من الوسط المحيط بها ولاتستعمل النباتات الخضراء سوى أغذية معدنية محضة ، بينما تتناول الحيوانات مواد معدنية وعضوية معاً .

١ — التغذية الذاتية في النباتات اليخضورية

بيانها وتعريفها :

١ **التجربة الاولى** : لندع بذور الذرة الصفراء ، تنتش كل منها في قارورة من الزجاج كما يبدو في الشكل ، على ان تحتوي الفئة الاولى من هذه القوارير على وسط مغذ يدعى سائل كنوب، ويتركب من المواد التالية

ماء مقطر ١٠٠٠ غ

نترات الكالسيوم ١ غ .

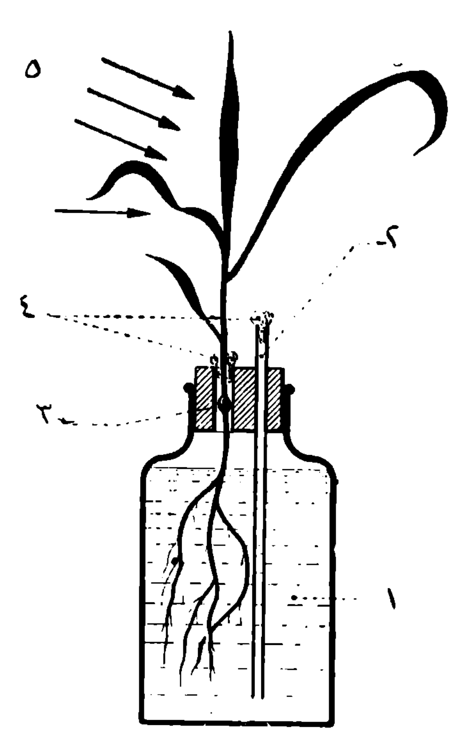
نترات البوتاسيوم ٠,٢٥ غ

فوسفات وحيدة البوتاسيوم ٠,٢٥ غ.

كبريتات المغنزيوم ٠,٢٥ غ

أثر بسيط من فوسفات الحديد .

وتحتوي الفئة الثانية من القوارير على ماء مقطر فقط .



شكل (٢٠٧) زرع نبات اخضر في محلول مغذي
١ - محلول مغذي . ٢ - انبوب يساعد على تغيير السائل الممتص . ٣ - بذرة. ٤ - قطن. ٥ - نور

لنعرض هاتين الفئتين من القوارير للنور فنلاحظ في اول الامر، ان نمو البذور يتشابه

في الفئتين ، وذلك لأن البذور تحتوي على مدخرات غذائية تساعد على نمو النبيتات حتى ولو وزعت في وسط خال من المواد الغذائية (كما في الفئة الثانية) .

وبعد مدة قليلة ، يتوقف نمو نبيتات الفئة الثانية ، ثم تموت ، بينما تواصل نبيتات الفئة الاولى نموها وتزدهر . فنستنتج من ذلك مايلي :

لقد هيأت نبيتات الفئة الاولى مادتها الحية ، أي أنها ركبت مواد عضوية اعتباراً من الاملاح المعدنية التي امتصتها جذورها من سائل كنوب ، غير أن هذا المحلول لا يحتوي على عنصر الكربون الذي تتميز بوجوده كل مادة عضوية ، إنما حصلت عليه الاوراق من غاز الكربون الموجود في الهواء ، فامتصته لتركب ذراتها العضوية .
فنبتات الذرة الصفراء لم تستخدم في غذائها سوى المواد المعدنية .

وتطلق عبارة التغذية الذاتية Autotrophie على مقدرة النباتات على تركيب المادة الحية (اي مادتها العضوية) اعتباراً من العناصر المعدنية فقط .
ب — **التجوبة الثانية** : تستخدم النباتات العديمة اليخضور المواد العضوية الجاهزة لتركب مادتها الحية شأنها في ذلك شأن الحيوانات .

نأخذ لذلك علبتين من علب بتري (Pétri) تحتوي الاولى على سائل كنوب المضاف اليه قليل من الهلام مع نسبة من السكاروز قدرها ١ ٪ . ثم لنذر في هاتين العلبتين قليلا من العفن الابيض المأخوذ من قطعة خبز عفنة .

وبعد مضي ثمانية أيام على ذلك ، نلاحظ أنه لاتبدو أي ظاهرة للنمو في أجزاء العفن التي زرعت في وسط معدني بحت . بينما نلاحظ العلبة الثانية الحاوية على سائل كنوب المضاف اليه سكاروز بنسبة ١ ٪ ، تمتلىء بشيجة الفطر Mycélium . كما نشاهد كتلا صغيرة سوداء تدعى البوغ وهي أعضاء التكاثر في الفطور .

نستنتج مما سبق : ان الفطور كسائر النباتات العديمة اليخضور ، تحتاج الى أغذية عضوية لتنمو وتزداد حجماً ووزناً (كضرورة وجود السكاروز في التجربة السابقة) .
وتطلق عبارة التغذية غير الذاتية Hétérotrophie على طريقة التغذية اعتباراً من المواد

المختلفة العضوية والمعدنية ، فالتغذية غير الذاتية تستلزم وجود المواد العضوية بين الاغذية بصورة إجبارية .

٢ — تحديد العناصر الكيميائية الضرورية للنباتات الخضر

لقد أمكن تعيين تركيب الاوساط المغذية الضرورية للنبات بالطريقتين التاليتين :

أ — **الطريقة التحليلية** : وهي تعتمد على التحليل العنصري للنبات لتحري الاجسام البسيطة التي تتركب منها المادة النباتية .وهذه الاجسام التي تدخل في التركيب الكيميائي للنبات ، قد امتصها بشكل أغذية .

ولتحليل النبات، يكلس (يحرق) في مكان محصور، ثم تفحص الغازات المنتشرة منه ، ويحلل رماده الناتج عن التكليس .

النتائج :

١ تدخل في تركيب النبات دوماً عشرة أجسام بسيطة ،وبكميات وافرة هي: الفحم (الكاربون) والاكسجين ، والهيدروجين ، والآزوت ، والكبريت ، والفوسفور والبوتاسيوم والمغنزيوم والكالسيوم والحديد .

٢ — وتدخل في تركيب النبات عناصر أخرى بكميات ضئيلة جداً كالبوروالكلور، والسيليسيوم والصوديوم والالومنيوم والمنغنز والتوتياء والنحاس والكوبالت والنيكل الخ.

نقد الطريقة : لا تعين هذه الطريقة فائدة الاجسام البسيطة الموجودة ، كما أنها لاتدلنا على أي شكل تكون عليه هذه العناصر التي يمتصها النبات من الوسط الخارجي ، كما أنه قد يصادف في النبات بعض العناصر غير الضرورية فيزيولوجياً لنموه : فالنبات الذي يعيش في أرض غنية بمادة الكلس أو السيليس ، يتراكم عنصر الكالسيوم أو عنصر السيليسيوم في انسجته دون أن تلعب هذه العناصر أي دور غذائي مفيد في حياته .

ب — **الطريقة التركيبية** : وتقوم هذه الطريقة على تهيئة اوساط مغذية مختلفة يزرع فيها نبات ويلاحظ نموه فيها ثم يؤخذ الوسط الذي نما فيه النبات أكثر من غيره ، فتحذف منه بعض العناصر ويدرس ما أحدثه هذا الحذف في نمو النبات . وهكذا توصلوا الى تعيين العناصر الضرورية ، وتحديد الكمية الفضلى لكل عنصر في المستنبت .

النتائج :

١ — لقد امكن بهذه الطريقة تحديد تركيب سائل كنوب ، فكان يحوي تسعة اجسام ضرورية هي الاكسجين ، والهيدروجين ، والآزوت ، والكبريت ، والفوسفور والبوتاسيوم ، والمغنزيوم ، والكالسيوم والحديد ، وتدعى هذه العناصر ، بالاضافة الى عنصر الكربون الذي يأخذه النبات من غــاز الكربون الموجود في الهواء ، بالعناصر التشكيلية ، وهي توجد في النبات بكمية وافرة وتساهم مباشرة في تركيب المادة الحية .

٢ — وقد بينت التجارب الحديثة انه يجب ان يضاف الى هذه الاجسام ثلاثة عناصر اخرى هي : التوتياء ، والمنغنز والبور التي تعتبر كعناصر وسيطة (عاملة بالتماس) تؤثر بكميات ضئيلة جداً .

ح — بأي شكل تدخل العناصر الكيمياوية في تركيب النبات ؟

يأخذ النبات الاوكسجين والهيدروجين من الماء والكاربون من غاز الكربون الموجود في الهواء ويأخذ بقية العناصر من الاملاح المعدنية الموجودة في الوسط الانباتي ، او في التراب ، وهي على شكل كبريتات ، وفوسفات ونترات العناصر التالية : K ، Ca ، Fe ، Mg ، Zn ، Bo ، Mn ونلاحظ ان النترات هي افضل غذاء معدني للنبات .

التطبيقات العملية

أ — الاسمدة : تفقدالتربة قسماً من عناصرها المغذية بعد جني المحاصيل ، فتعوض هذه العناصر المفقودة حين تتوفر لها الاسمدة . وتكون الاسمدة معدنية (كالاسمدة الكيماوية) او عضوية (كدبال المزارع وقمامة المدينة الخ ..)

وتكون الاسمدة الكيماوية آزوتية (كنيترات الصوديوم والكالسيوم وكبريتات الامونيوم والسياناميد) ، او تكون فوصفاتية كالفوصفات الطبيعية ، وفوق الفوصفات وخبث الحديد ، ورماد العظام) ، او تكون بوتاسية (كلورور او كبريتات البوتاسيوم) فهذه كلها اسمدة تشكيلية تدخل في تركيب المادة الحية ، بعكس الاسمدة الوسيطيـــة كالتوتياء والمانغنز ، وحمض البوريك ، التي تستعملها النباتات بكميات ضئيلة . ونحصل

على سماد كامل اذا مزجنا الاسمدة التشكيلية والاسمدة الوسيطية بنسبة معينة .

كما يعطي دبال المزارع علاوة عن العناصر المعدنية فضلات عضوية ، تعتبر بتفسخها منبعاً طبيعياً للنيترات .

المواد التي يرجحها النبات : يفضل كل نوع نباتي مادة معينة تتلاءم مع نموه بشكل خاص ، فيمتصها النبات بسرعة وبكمية كبيرة ، وتدعى هذه المادة بالمادة الراجحة . فالمواد الراجحة في الكرمة والبطاطا مثلاً هي البوتاس ، ويعتبر الآزوت المادة الراجحة في القمح والشوفان والشمندر ، كما يعتبر الفوسفور المادة الراجحة في الذرةالصفراءوالحنطةالسوداء.

ب ــ **الدورة الزراعية** : لكي نستفيد من عناصر التربة لأكبر حد ممكن ، نلجأ اعمل الدورات الزراعية (او التناوب الزراعي) التي تعتمد على زراعة النباتاتذاتالجذور العميقة ، والنباتات ذات الجذور القصيرة بالتناوب ، كما تناوب زراعة النباتات التي ترجح مواد مختلفة (فنزرع مثلا البطاطا ـ مادتها الراجحة البوتاس ، ويعقبها القمح مادته الراجحة الآزوت) .

وفي الدورة الزراعية الثلاثية ، يزرع في السنة الاولى الشمندر ويزرع فيالسنة الثانية القمح ، وفي السنة الثالثة الفصفصة .

الساق

يدعى القسم الهوائي من النبات بصورة عامة ، الساق ، وهو يحمل الاوراق ، واعضاء التكاثر (الازهار والاثمار والبذور) في زمن التكاثر .

ويعد وجود الاوراق من الصفات المميزة للساق : « فكل عضو نباتي يحمل اوراقاً سواء كان هوائياً ام ترابياً ، اخضر ام عديم اللون ، منتصباً او متسلقاً او زاحفاً ، وسواء كانت اوراقه خضراء ام صغيرة بشكل حراشف دقيقة فهو ساق » .

تتصل الساق الرئيسية مع الجذر الاصلي بواسطة العنيق ، وتحمل اوراقاً ترتكز على انتفاخات تدعي العقد ، وتدعى المسافة الكائنة بين عقدتين متتابعتين المسافة العقدية ،

ويوجد في نهاية الساق العليا برعم نهائي ، وفي ابط كل ورقة برعم جانبي او ابطي ، وتعطي البراعم الابطية بنموها الاغصان . وتشتمل الاغصان على نفس الاقسام الموجودة على الساق الاصلية .

البراعم : تكون بنية البراعم واحدة سواء كانت براعم نهائية ام جانبية ، وفي الربيع تبدو على الساق الخضراء المورقة بشكل كتل حمراء متطاولة قليلاً ، تتألف من حراشف حوافها مخملة ، وتكبر البراعم خلال فصل الصيف ، ويزداد عدد الحراشف فيها .

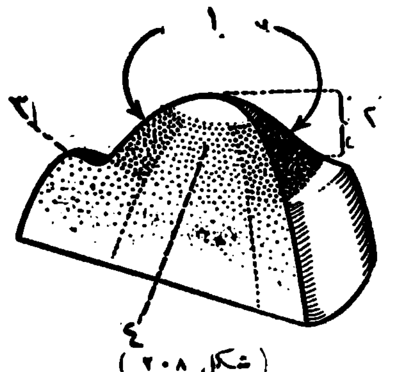
فاذا اجرينا شقاً طولياً في احد البراعم نلاحظ فيه ساقاً ابتدائية (مضغية) صغيرة تحمل قاعدتها حراشف ترتصف الواحدة تلو الاخرى ، كما نشاهد في نهايتها بداءات للأوراق .

وتكون نهاية الساق المضغية بشكل كتلة محدبة تصعب ملاحظتها وتدعى **النقطة الاعاشية**

وتتفتح البراعم في فصل الربيع وتتطاول الساق الابتدائية في كل منها دافعة بالحراشف الواقية التي تأخذ بالسقوط ، وهكذا يتم نمو الاوراق ويتشكل غصن جديد .

النسج المضغية (الابتدائية) النباتية : التمايز الخلوي :

ان الخلايا الكائنة في قاعدة ومحيط النقطة الاعاشية هي خلايا مضغية تؤلف بمجموعها النسيج المضغي الذي يقع في الحلقة الاولية — وتنتج عن الحلقة الاولية الاوراق الفتية والمسافات العقدية .

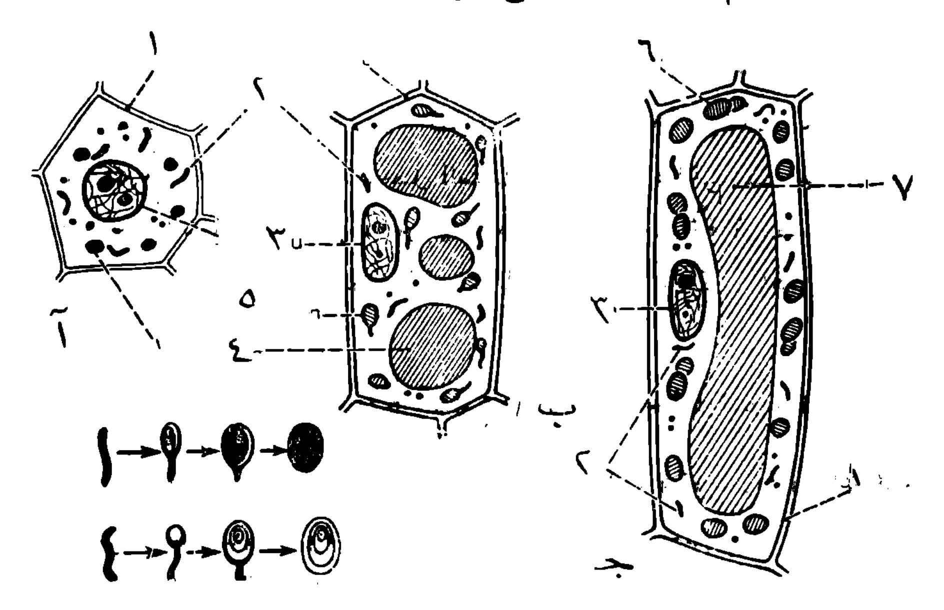


(شكل ٢٠٨)
نقطة الانبات في ساق قطعت طولياً
(منظر تخطيطي)
١ — حلقة اولية . ٢ — نقطة الانبات .
٣ — ورقة فتية جداً . ٤ — مخ مضغي.

وتتألف النسج المضغية النباتية ، التي تسمى ايضاً النسج المولدة Méristèmes من خلايا صغيرة تتكاثر بنشاط ، فجوتها صغيرة ومبعثرة في الهيولى ، ولا نجد فيها جسيمات صانعة وانما نشاهد فقط المصورات الحيوية .

وعندما تنمو الورقة فان الخلايا الابتدائية التي كانت تتألف منها في البدء والتي كانت

كلها متماثلة — تتطاول كثيراً ، ويتبدل شكلها تدريجياً فبعضها يشكل خلايا البشرة ، والبعض الآخر يشكل خلايا النسيج الخاص اليخضوري ، او النسج الناقلة ، وهذا التبدل هو ما يسمى بالتمايز الخلوي . ويتم بنتيجة تشكل النسج المتمايزة .



(شكل ٢٠٩)

التمايز الخلوي

ا ، ب ، ج ، تمايز خلوي يؤدي الى خلية بارانشيمية يخضورية . د - تطور مصورة حيوية الى جسيم صانع اليخضور . ه تطور مصورة حيوية الى جسيم صانع النشاء .

١ - غلاف سللوزي . ٢ - مصورات حيوية . ٣ - نواة . ٤ - فجوة .

٥ - جسيم صانع لليخضور في طريق تشكله . ٦ - جسيم صانع لليخضور . ٧ - فجوة .

ويوضح الشكل مراحل التمايز الخلوي الذي يؤدي الى تشكل خلية من خلايا النسيج الخاص اليخضوري . فترى ان الخلية المضغية تتطاول كثيراً ويزداد حجم الفجوات فيها ، ثم تندمج مع بعضها وتؤلف فجوة كبيرة في الخلية الكهلة .

وفي نفس الوقت يتحول قسم من المصورات الحيوية الى جسيمات صانعة خضراء فتنتفخ بعض الجسيمات الصانعة ، ويتلون القسم المنتفخ بالاخضر بنتيجة تثبيت مادة اليخضور (ويحدث هذا الانتفاخ فيما يتعلق بالجسيمات الخيطية في احدى نهايتيها فقط) ثم تنمو الجسيمات

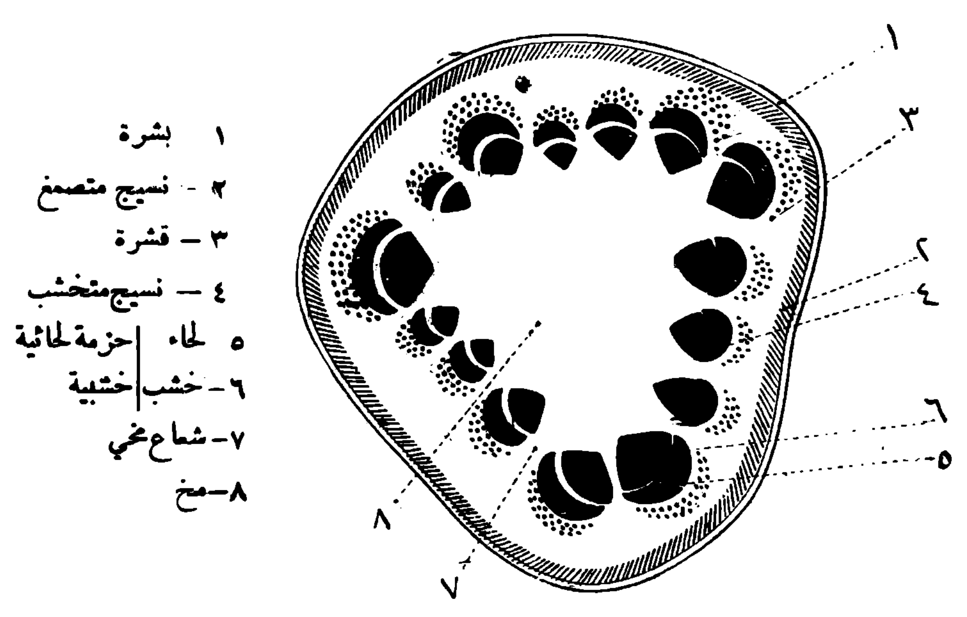
الصانعة ويزول كل أثر للمصورات الحيوية التي تولدت منها هذه الجسيمات . ولايبقى في الخلية الكهلة الا المصورات الحيوية التي لم يطرأ عليها مثل هذا التغيير . وتتكون الجسيمات الصانعة للنشاء بطريقة مماثلة .

البنية الاولية في ساق الزان

يعتبر النسيج المولد الكائن في النقطة الاعاشية نسيجاً مولداً أولياً ، تنشأ عنه الساق الخضراء العشبية وأوراقها . وتؤلف النسج الكهلة في الساق الفتية البنية الاولية للساق ، وهي تقابل البنية الثانوية في الساق المسنة التي تنتج عن نشاط الانسجة الابتدائية (المضغية) الاخرى ، والتي سندرسها فيما بعد .

تجربة : لنعمل مقطعاً عرضانياً في ساق فتية من الزان ونلونه بطريقة التلوين المضاعف ونلاحظ بالمجهر فنشاهد فيه من المحيط الى المركز مايلي :

١ — البشرة : وهي تتألف من طبقة واحدة على الخلايا ، جدارها الخارجي المعرض للهواء مغطى بقشيرة ويلاحظ فيها مسامات واوبار .

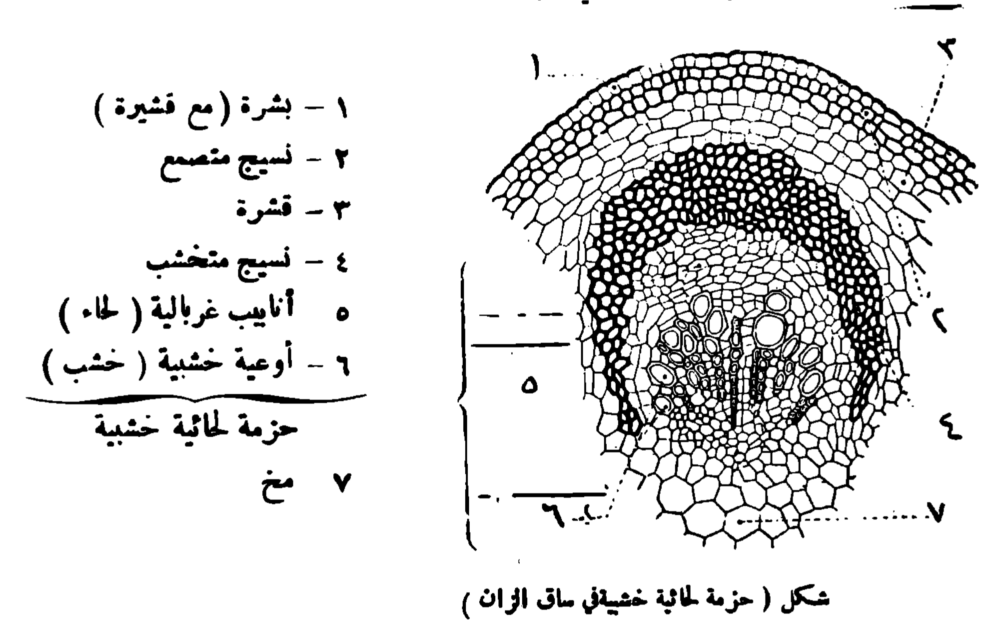


شكل (٢١٠) البنية الاولية لساق شجرة الزان (مقطع عرضاني)

٢ — القشرة : (او المنطقة القشرية) وهي تتألف من نسيج خاص ثخين خلاياه مستديرة توضعت بصورة غير منتظمة وتركت بينها فراغات تدعى الاصمخة ويمكننا ان

نشاهد في القشرة جسيمات صانعة لليخضور فيما اذا كان المقطع حديثاً . (ولم يعالج قبل فحصه بماء جافيل الذي يستعمل في التلوين المضاعف) .

وتتألف الصفوف الاولى التي تلي البشرة من نسيج متصمغ (كولانشيم) وهو نسيج استنادي خلاياه ذات جدران سللوزية ثخينة .



شكل (حزمة لحائية خشبية في ساق الزان)

٣ – النسج الناقلة : وتجتمع بشكل حزم لحائية خشبية . ونلاحظ في كل حزمة ان الاوعية الخشبية تكون نحو الداخل وذات جدران متخشبة (لذا تبدو ملونة بالاخضر بأخضر اليود) وأما اللحاء فيكون نحو المحيط (ويبدو ملوناً بالوردي بأحمر كارمن) .

وأخيراً فان حزمة لحائية خشبية تغطيها من الجهة الخارجية كتلة من النسيج المتصلب (سكليرانشيم) على شكل القبعة .

٤ – المخ : يكون في مركز الساق ، وهو نسيج خاص ذو خلايا ضخمة . وتمتد بين الحزم الناقلة الاشعة المخية . وهي اشعة من النسيج الخاص تربط المخ بالقشرة .

ويلاحظ في بعض خلايا القشرة والمخ بلورات من حماضات الكالسيوم بشكل قنفذ البحر . وهذه البلورات كانت موجودة داخل الفجوة في الخلية الحية .

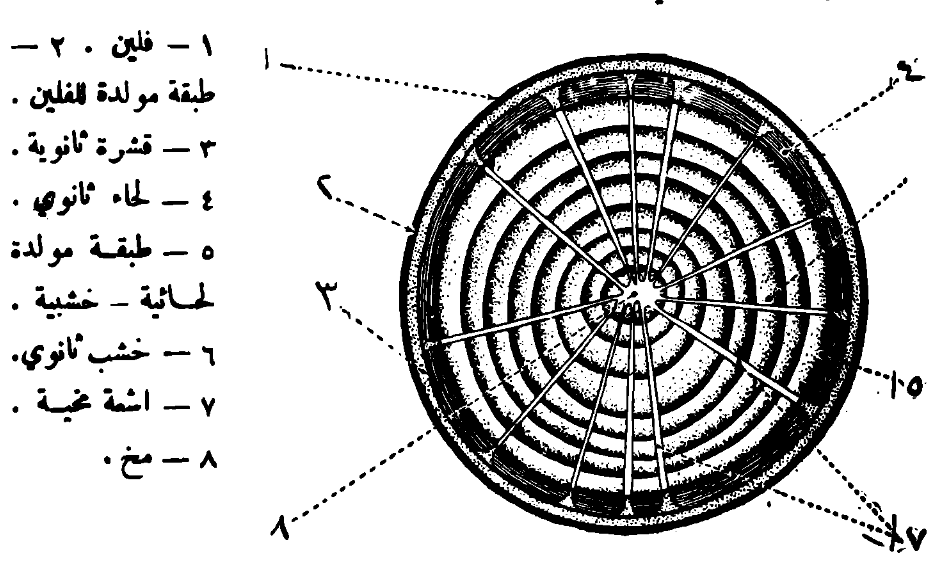
وتعتبر وضعية النسج الناقلة الصفة المميزة الاساسية لبنية الساق الاولية عن تلك التي سنراها في الجذر . ففي كل حزمة يتوضع اللحاء فوق الخشب ، لذا يقال ان الحزم الوعائية في الساق متطابقة .

وتشاهد البنية الاولية في السوق الفتية لجميع النباتات ظاهرة الالقاح .

البنية الثانوية في ساق الزان

تنمو الساق عرضاً بنتيجة تكون نسج ثانوية نشأت بدورها من النسيج المولدة الثانوية التي ظهرت في الساق .

تجربة : فاذا عملنا مقطعاً عرضانياً في غصن يتراوح قطره (٢ — ٣) سم نلاحظ فيه من الظاهر الى الباطن مايلي :



(شكل ٢١٢) مقطع عرضي في غصن شجرة الزان

١ — فلين خشن الملمس .

٢ — قشرة ثانوية قليلة الثخن (١ مم) ذات لون اخضر (لاحتوائها على اليخضور) فهي تتألف من نسيج خاص يخضوري .

٣ — اللحاء الثانوي : وهو اثخن من القشرة الثانوية بقليل .

تنفصل طبقة الفلين والقشرة الثانوية واللحاء الثانوي عن الساق بسهولة . فاذا قشرنا شجرة ، فيكون قد اقتلعنا هذه الطبقات الثلاثة المعروفة باسم القشرة .

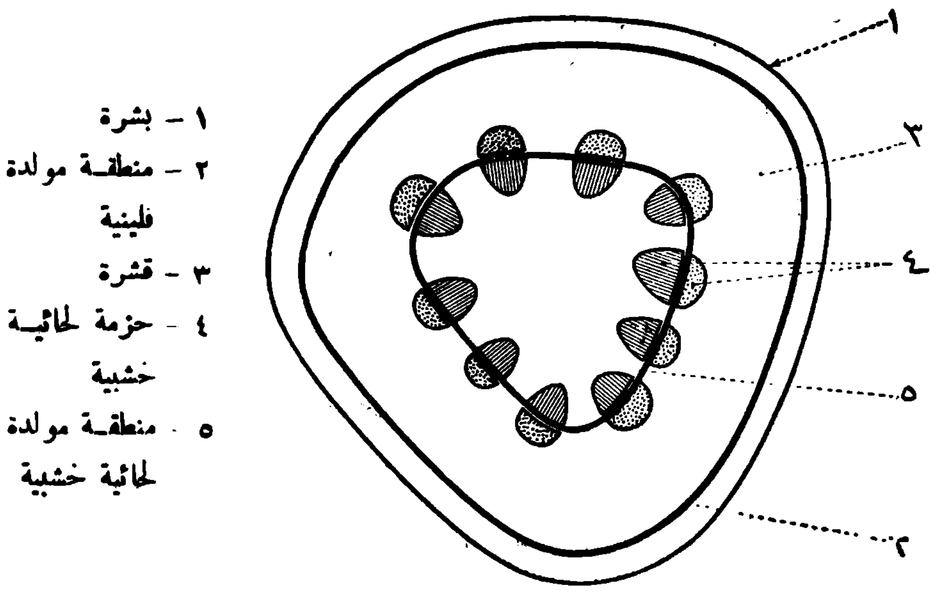
٤ - الخشب الثانوي : وهو يؤلف الجزء الاكبر في ثخن الغصن ، ويتوضع على شكل طبقات متحدة المركز ويمكننا ان نميز بسهولة هذه الطبقات عن بعضها لان المحيط الخارجي لكل طبقة يكون اقتم من المحيط الداخلي النير للطبقة التي تليها (من الجهة الوحشية) .

٥ -. المخ يصغر حجمه لدرجة يصعب معها تمييزه .

٦ - الاشعة المخية : وهي ذات لون فاتح . تخترق طبقات الخشب الثانوي المتحدة المركز.

وتدعى منطقة الخشب الواقعة حول المخ القلب او (الخشب القاسي) . وهو نسيج ميت لم يعد قادراً على نقل النسغ . اما الخشب الذي يحنط به فيدعى الخشب الابيض . وهو نسيج حي ناقل .

ونلاحظ في مقطع الجذع بنية مماثلة ، الا ان القلب فيه يكون اكثر نمواً ويحتوي على قسم كبير من الخشب الثانوي .



(شكل ٢١٣) وضعية الطبقتين المولدتين في مقطع عرضي لساق الزان

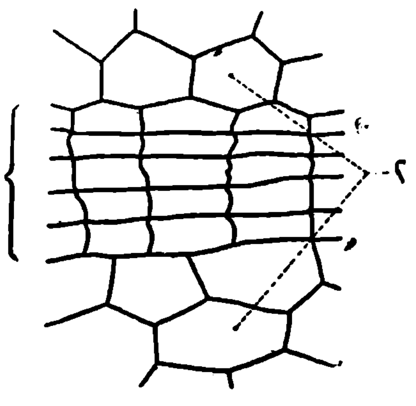
ويصعب تمييز القلب عن الخشب الابيض في خشب الزان، بينما يتميزان بسهولة في خشب البلوط ، لان القلب فيه يكون اقتم من الخشب الابيض .

المناطق المولدة : تنسج النسج الثانوية (اي الفلين والقشرة الثانوية من جهة، واللحاء والخشب الثانويين من جهة اخرى) من النسج المولدة الثانوية التي تدعى ايضاً كامبيوم Cambium

تأخذ الطبقات المولدة في الساق شكل حلقـــات اسطوانية تدعى بالمناطق المولدة . فالطبقة المولدة الفلينية القشرية ، تقع في القشرة بالقرب من البشرة، والمنطقة المولدة اللحائية الخشبية تظهر بين الخشب الاولي واللحاء الاولي .

وتبدو المناطق المولدة في المقطع العرضي مؤلفة من خلايا مستطيلة تتوضع على هيئة خيوط منتظمة .

تنقسم كل من الخلايا المولدة ، وتولد على التعاقب من وجهيها الوحشي والانسي خلايا جديدة تتوضع حسب خط شعاعي بحيث تصبح الخلايا القديمة هي الابعد عن الخلية الام. وتبقى المناطق المولدة رغم انقساماتها المتكررة، محافظة على ثخنها . وذلك لان الخلايا الكبيرة التي تتجه نحو المحيط ، والتي تتجه نحو المركز تتمايز الى نسج كهلة .



(شكل ٢١٤) قسم من المنطقة المولدة
١ - منطقة مولدة . ٢ - نسج اولية

وهكذا ينشأ من الطبقة المولدة الفلينية القشرية الفلين نحو الوحشي ، والنسيج الخاص القشري الثانوي نحو الانسي كما ينتج عن الطبقة المولدة اللحائية الخشبية لحاء ثانوي نحو الوحشي ، وخشب ثانوي نحو الانسي .

ولا تعمل المناطق المولدة في الاقاليم المعتدلة الا في فصلي الربيع والخريف ، فالنمو عرضاً في النباتات المعمرة غير متواصل .

ويمكننا ان نميز بوضوح طبقات النسج الثانوية التي تتكون في كل سنة ، مما يساعد على استنتاج عمر الساق او الغصن .

خشب الربيع وخشب الخريف : يتشكل في الربيع خشب ثانوي لين فاتح اللون

تحتوي على اوعية عديدة واسعة ، وعلى قليل من الاليـاف . ويجري فيه النسغ بنشاط ، يدعى خشب الربيع .

وفي الخريف يتباطأ جريان النسغ فيتشكل خشب صلب قاتم اللون يحتوي على عدد قليل من الاوعية الضيقة ، وكثير من الالياف ، يسمى خشب الخريف .

فتتألف طبقـة الخشب اذن في كل عام من قسمين : قسم أنسي ناصع هو خشب الربيع وقسم وحشي قاتم هو خشب الخريف .

مصير نسج البنية الاولية : تنفصل البشرة وبعض طبقات القشرة الاولية التي تشكل تحتها الفلين ثم تموت فتنشق ثم تتفلس نتيجـة للنمو المرضي ، ويتفكك للسبب نفسه القسم المحيطي من الفلين كلما ازداد الغصن عرضاً فيصبح الفلين خشن الملمس .

اما الاقسام العميقة من القشرة واللحاء الاولي فتنضغط بتأثير التشكلات الثانوية لانها اصبحت محصورة بينها .

وهكذا لا يبقى سوى الخشب الاولي والمخ في مركز السـاق ، ولكنهـا لا تلبث ان تموت مشكلة قلب الساق المسنة .

وقد تبقى القشرة بعد تشققها عالقة بالساق (كما في البلوط) أو أنهـا تسقط بشكل صفائح رقيقة (كما في الدلب) وإما بهيئة خيوط (كما في الكرمة) وإما بشكل حلقـات كاملة كما في شجر القضبان (البتولا) .

والخلاصة يكون النمو المرضي ظاهراً جلياً في النبـاتات الخشبية ، إلا أن بعض النباتات ظاهرة الالقاح لا تظهر فيها التشكيلات الثانوية كما في وحيدات الفلقة كالنخل والزنبق والحبوب .

وظائف الساق : تعتبر الساق عضواستناد ونقل وانفضاج وتمثل وتنفس وموطناً الادخار .

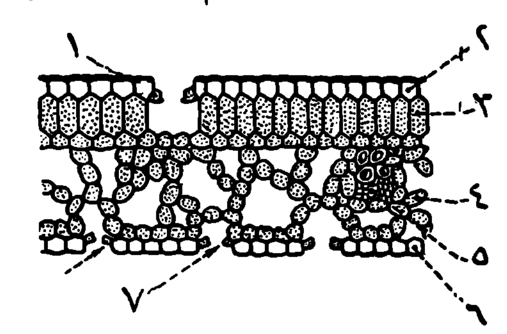
الورقة

تتألف الورقة من صفيحة خضراء ترتبط مع الساق بعلاق وتتسع قاعـدة العلاق مشكلة الغمد . وتسمى الورقة التي تشتمل على هذه الاقسام كلها ورقة تامة . وتكون الاوراق اما بسيطة أو مركبة .

بنية الاوراق :

آ — **بنية الصفيحة** : تجربة : اذا اجرينا مقطعاً عرضياً في صفيحة الورقة نشاهد فيه :

١ — بشرة ذات مسام ، عددها في الوجه السفلي اكثر منه في الوجه العلوي .



١ — قشيرة   ٢ — بشرة عليا
٣ — نسيج خاص حبا كي
٤ — نسيج خاص فراغي
٥ — حزمة لحائية خشبية
٦ — بشرة سفلى   ٧ — سم

شكل (٢١٥) مقطع عرضي في صفيحة ورقة الحوذان

٢ — نسيجاً خاصاً يخضورياً يتألف من منطقتين . آ — منطقة في الوجه العلوي وهي اكثر تعرضاً للنور ومؤلفة من خلايا متطاولة تصطف الواحدة الى جانب الاخرى محشوة بالجسيمات الصانعة لليخضور تدعى « بالنسيج الحباكي T. Palissadique » .

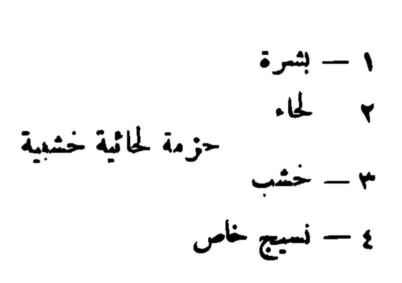
ب — ومنطقة في الوجه السفلي تحتوي خلاياها على قليل من الجسيمات الصانعة لليخضور وتترك بينها فراغات كبيرة تدعى « بالنسيج الفراغي T. Lacuneux » . ولذا يكون وجه الورقة العلوي اكثر خضرة من وجهها السفلي .

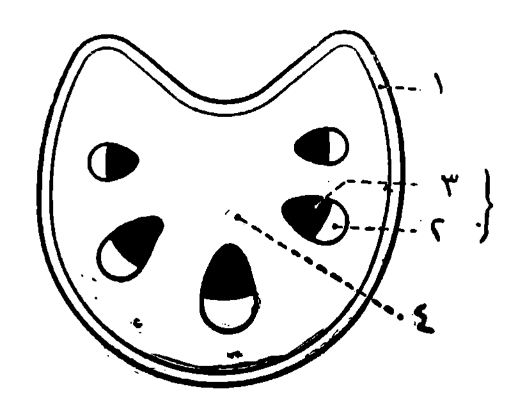
٣ — حزماً خشبية لحائية « او عصيبات » وتكون مبعثرة في النسيج الخاص ، وتتجه ذروة الخشب في كل حزمة نحو الوجه العلوي ، بينما تكون الحزمة اللحائية نحو الوجه السفلي . وما هذه الحزم او العصيبات الا امتداداً للحزم الخشبية اللحائية الآتية من الساق وهي التي تكسب الورقة قوامها وصلابتها ، وتقود النسغ .

ب — **بنية المعلاق** : تكون بنية المعلاق حداً وسطاً مابين بنية الساق والصفيحة ونميز فيها

١ — بشرة ، ٢ — نسيج خاص يخضوري غير منتظم وفقير باليخضور ، ٣ — حزم خشبية كتانية . واما الغمد فهو قطعة متسعة من المعلاق ، لذا تشبه بنيته بنية المعلاق .

سقوط الاوراق : تكون اغلب الاوراق في المناطق الجغرافية المعتدلة ساقطة فيتبدل لونها في الخريف ثم تأخذ بالسقوط .





شكل (٢١٦) بنية الملاق

ولكن بعض الاشجار كالصنوبر والتنوب تكون اوراقها دائمة ، وتعيش عدة سنوات. فتبدو هذه الاشجار دائمة الخضرة ، ولا تتجدد اوراقها الا جزئياً في كل سنة . وتكون الاوراق الفتية فيها بلون اخضر فاتح .

آلية سقوط الاوراق : قبل ان تسقط الورقة ترسل الى الساق المواد المغذية التي تحويها ثم يتلاشى يخضورها فتصفر .

وينتج سقوطها عن تكون طبقة فاصلة تظهر في اواخر الصيف في قاعدة الملاق ، ثم تتهلم صفيحتها المتوسطة ، وتتفكك خلايا المنطقة الفاصلة ، وتبقى الورقة مرتبطة بحزم العصيبات فقط ، فتنفصل بتأثير ثقلها او بتأثير رياح خفيفة . وفي نفس الوقت يتشكل تحت المنطقة الفاصلة فلين يغطي الندبة التي تركتها الورقة بعد سقوطها .

وظائف الاوراق : للاوراق اهمية كبرى في حياة النبات فهي : تتنفس — وتقوم بالتمثل اليخضوري — والانفضاج — والادخار .

الجذر

هو القسم المنطمر في التراب من النبات ، وهو يثبت النبات في الارض ، ويمتص الماء والاملاح المعدنية المنحلة ، فهو عضو تثبيت وعضو امتصاص .

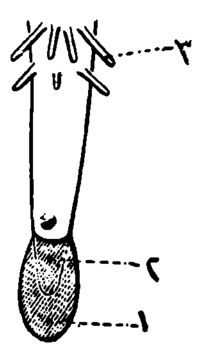
ونميز في الجذر الرئيسي الاقسام التالية :

١ – القلنسوة وهي تستر نهاية الجذر المؤنفة حيث توجد المنطقة الاعاشية .

٢ – منطقة النمو .

٣ – منطقة الاوبار الماصة .

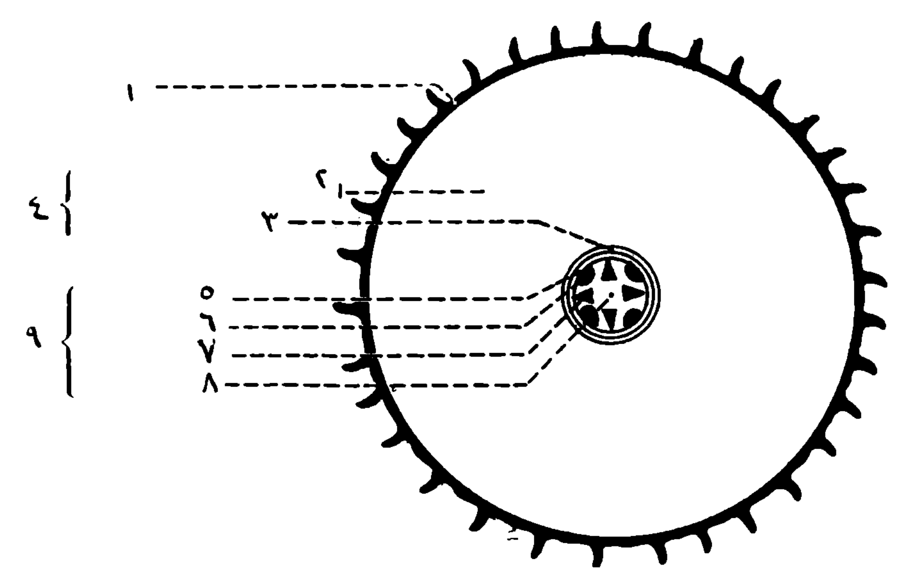
٤ – المنطقة الفلينية وهي منطقة خشنة سمراء تظهر عليها جذور ثانوية ، تحمل بدورها الجذيرات . وتتألف الجذور الثانوية والجذيرات من نفس الاقسام التي يتألف منها الجذر الرئيسي.



شكل (٢١٧) النقطة الاعاشية والقلنسوة في جذر البسلي ١ – قلنسوة ٢ – النقطة الاعاشية ٣–اوبار ماصة

البنية الاولية للجذر

نميز في المقطع العرضي للجذر الطبقات التالية :



شكل (٢١٨) البنية الاولية في جذر الحوذان ١ – طبقة الاوبار ٢ – بارانشيم قشري ٣ – ادمة باطنة ٤ – قشرة ٥ – محيط دائر ٦ – لحاء ٧ – خشب ٨ – مخ ٩ – اسطوانة مركزية

١ ـ **طبقة الاوبار الماصة** : وهي طبقة محيطية تتطاول خلاياها لتشكل الاوبار الماصة.

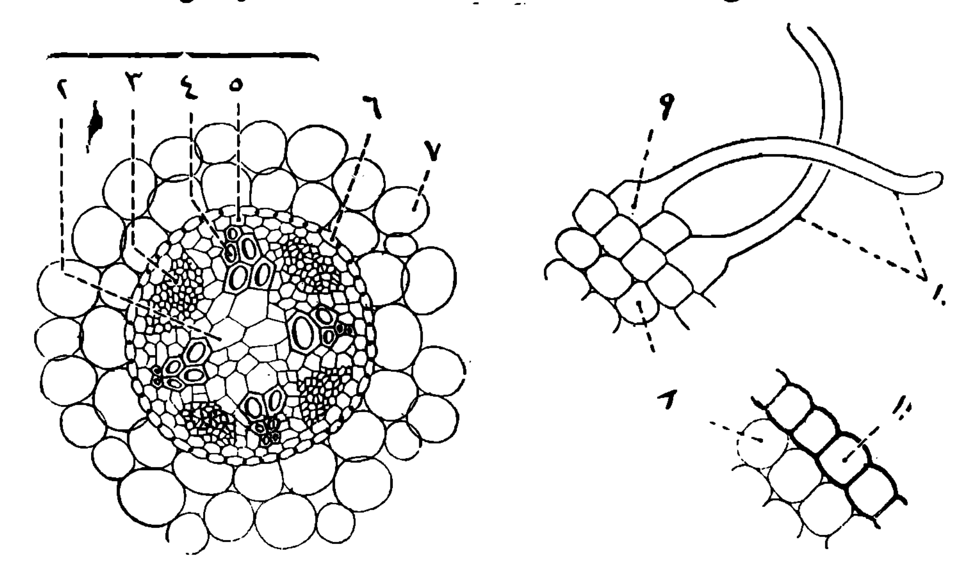
٢ ـ **القشرة** : وهي ثخينة جداً بالنسبة لما رأيناه في قشرة الساق ، وتتألف من نسيج خاص ادخاري مفعم بحبيبات النشاء .

وعندما تموت طبقة الاوبار الماصة وتنفصل عن الجذر تتفلن الخلايا المحيطية من القشرة. ولذا يطلق على هذه الطبقة المحيطية من القشرة اسم الطبقة الفلينية .

وتدعى الطبقة الداخلية من القشرة بالادمة الباطنة ، وترى هذه الطبقة بوضوح لان خلاياها تشتمل في جدرانها الجانبية على اطار متفلن يتلون بالاخضر .

(شكل ٢١٩)
خلية الادمة الباطنة
ا ـ مظهر المقطع ب ـ خلية بكاملها
١ ـ اطار متفلن

٣ ـ **الاسطوانة المركزية** : وتقع الى الجهة الداخلية من الادمة الباطنة وتحتوي بصورة خاصة على النسج الناقلة في الجذر .



(شكل ٢٢٠)
الى اليسار : الاسطوانة المركزية في جذر . الى اليمين : الطبقة الوبرية ـ والطبقة الفلينية
١ ـ اسطوانة مركزية ٢ ـ مخ . ٣ ـ لحاء . ٤ ـ خشب . ٥ ـ محيط دائر
٦ ـ ادمة باطنة . ٧و٨ ـ قشرة . ٩ ـ طبقة وبرية . ١٠ ـ اوبار ماصة . ١١ ـ طبقةفلينية

واذا تتبعنا محيط الاسطوانة المركزية ، نشاهد بالتناوب حزمة من الخشب ، فحزمة من اللحاء ، ثم حزمة من الخشب واخرى من اللحاء وهكذا ... ولذا يقال أن توضع الحزم الوعائية في الجذر يكون متناوباً .

ويفصل بين الحزم الوعائية والأدمة الباطنة طبقة من الخلايا تدعى المحيط الدائر . وتمتد بين الحزم الاشعة المخية ، وهذه تتلاقى في المخ الذي يشغل مركز الاسطوانة المركزية .

وتنشأ الجذيرات على وكس المحيط الدائر حيث تتكاثر الخلايا في منطقة معينة وتؤلف جذراً صغيراً تنفذ من القشرة ، وتتصل النسج الناقلة في الجذير مع المماثلة لها .

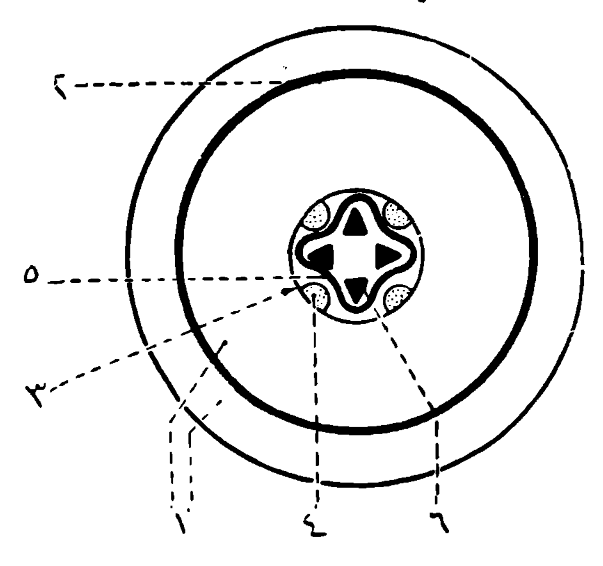
بنية الجذر الثانوية

تنمو الجذور عرضاً بفضل المناطق المولدة التي تشكل نسجاً ثانوية كما في الساق .

وتظهر الطبقات المولدة في الجذر في نفس المناطق التي اتينا على ذكرها في الساق وهي:

١ـ المنطقة المولدة الفلينية القشرية في القشرة .

٢ـ المنطقة المولدة اللحائية الخشبية في الاسطوانة المركزية ويكون اللحاء نحو الجهة الخارجية بالنسبة لهذه الطبقة بينما يقع الخشب الى الجهة الداخلية منها ، ولذلك يبدو محيطها في البدء متعرجاً (يتقعر تحت اللحاء ويتحدب فوق الخشب) بسبب وضع الحزم المتباين .



(شكل ٢٢١)
المناطق المولدة في الجذر
١ ـ قشرة ٢ ـ منطقة مولدة للفلين ٣ ـ اسطوانة مركزية ٤ ـ لحاء ٦ ـ منطقة مولدة لحائية خشبية ٦ ـ خشب

وتكون النسج الثانوية الناتجة عن هذه الطبقات المولدة شبيهة بتلك الموجودة في الساق. **وظائف الجذور** : الجذر عضو تثبيت – وعضو امتصاص يمتص الاوكسجين الذي يتخلل التراب كما يمتص الماء والاملاح المعدنية المنحلة – وهو عضو ناقـــل ، وعضو ادخار .

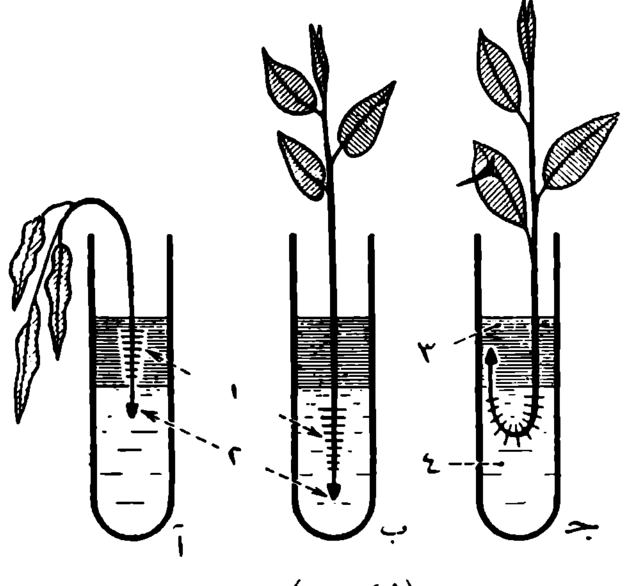
امتصاص الاغذية ودورانها

تمتص جميع أجزاء النبات النفوذة ولاسيما الاوراق منها ، غاز الكربون كما سنرى فيما بعد . أما الجذور فتمتص ماء التربه مع الاملاح المعدنية المنحلة فيه - ويشكل هذا السائل (الماء والاملاح المنحلة فيه) النسغ الناقص الذي يجري في الاوعية الخشبية داخل النبات .

١ – الامتصاص

١ – **مقر الامتصاص** : ١ يعيش النبات بشكل نظامي إذا غرس في تربة رطبـة ، ولكنه يذبل ويجف اذا اقتلع مع جذوره ، ثم سرعان ماتدب به الحياة وينمو حين نغمر جذوره في محلول معدني ، **فالجذور اذن هي أعضاء الامتصاص** .

٢ – تجربة : لنضع ثلاث نبتات (آ،ب،ج) في ثلاثة أنابيب تحتوي على سائل معدني تعلوه طبقة من الزيت منعـاً للتبخر ، ولنغمر قلنسوة النبتة آ وحدها في الماء ، ونغمر القلنسوة مـــع الاوبار الماصة من النبتة ب في الماء ايضاً ، ونغمر كذلك الجذر في النبتة ج ونجعله معقوفاً بحيث تبقى الاوبار الماصة لوحدها في المـاء . فنشـاهد بعد حين ذبول النبتة آ واستمرار الحيـاة في النبتتين ب و ج .



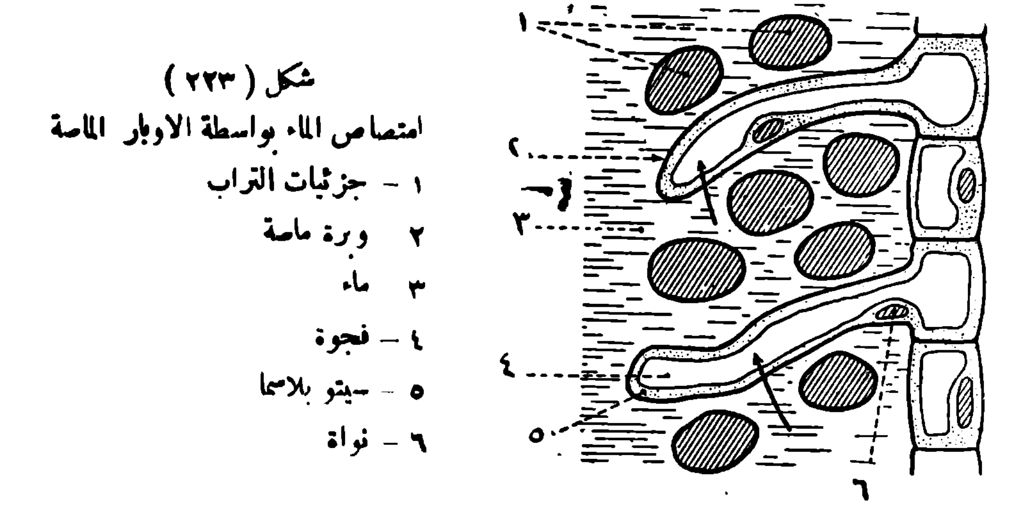
(شكل ٢٢٢)

تجربة تبين امتصاص الاغذية بواسطة الاوبار الماصة

١ – منطقة وبرية ٢ قلنسوة ٣ - زيت ٤ – ماء

فالاوبار الماصة اذن تمتص لوحدها المحلول المعدني دون سواها . وتشتمل منطقة الأوبار الماصة على سطح واسع جداً يساعد على نفوذ الأغذية بسرعة في منطقة تماسها معها؛ وهذا يذكرنا بسطوح الامتصاص الواسعة في الرئتين بفضل الحويصلات الرئوية ، وفي الأمعاء بفضل الزغابات المعوية .

ب آلية الامتصاص : ١ – امتصاص الماء : لنأخذ نبتات فتية من القمح ، وقد نمت في سائل كنوب ونغمر جذورها في محلول مركز من نترات البوتاسيوم فنلاحظ بعد مدة أنها أخذت بالذبول ، وذلك لأن امتصاص الماء قد توقف فيها بسبب ارتفاع تركيز الوسط المائع الذي غمرت فيه الجذور . وهذا يدل على ان امتصاص الماء يحدث بفضل عملية التنوح (الاسموز) .



شكل (٢٢٣)
امتصاص الماء بواسطة الاوبار الماصة
١ – جزئيات التراب
٢ وبرة ماصة
٣ ماء
٤ – فجوة
٥ – سيتو بلاسما
٦ – نواة

فالوبرة الماصة هي خلية استطالت وتشكلت فيها فجوة مركزية كبيرة ، تحوي عصارة فجوية ذات تركيز أكبر من تركيز الوسط المائع الذي توجد فيه الجذور (يكون الوسط المائي بين ذرات التربة . أو هو المحلول المغذي المصطنع) . وينتقل الماء لهذا السبب من الوسط القليل التركيز ، إلى الوسط الأكثر تركيزاً - أي من الوسط الخارجي نحو العصارة الفجوية . ويكون العمل منعكساً في التجربة السابقة ،وهذا ما أدى الى ذبول النبات .

فامتصاص الماء بواسطة الجذر ، يخضع اذن لظاهرة فيزيائية هي التنوح (الاسموز) .

١ — **امتصاص الاملاح المعدنية** : تنفذ الاملاح المعدنية ، وهي منحلة في المـاء ، من طبقة الاوبار الماصة ، هذه الطبقة التي لا تسمح بنفوذ جميع الاملاح بنسبة واحدة ، لأنها تقوم بعملية الاصطفاء أو الانتخاب . فالجذر ينتقي بعض الاملاح دون سواها فيمتص بعضها بسرعة اكبر من غيرها

امتصاص الاملاح غير القابلة للانحلال : تمتص الجـذور الاملاح المنحلة في المـاء فقط أما بعض المواد الصلبة غير القـــابلة للانحلال في الماء (كالاحجـار الكلسية ، وفوسفات الكلس) فتستطيع الجذور ان تحلها وبذلك تتمكن من امتصاصها كما يتضح من التجربة التالية :

لندع بعض حبات الفول تنبت على لوحة من رخام قد علاهـا طبقة من الرمل المبلل ، فنلاحظ ان الجذور قد أخذت تحفر في الرخام اثلاماً ، يتفـاوت عمقها حسب حل الجذور لمادة فحمات الكالسيوم التي تتركب منهـا اللوحة المذكورة . ويحصل ذلك ايضـاً في مادة الفوصفوريت غير المنحلة ، حيث يحولهـــا النبات الى شكل قابل للامتصـاص . وتعود مقدرة الجذور على حل هذه المواد الى افراز حوامض لم تعرف طبيعتها الى الآن ، ويحتمل بأن غاز الكربون الناتج من تنفس الجذور قد يسـاهم في ظاهرة الحل هذه ولا سيما في حل كربونات الكالسيوم .

حـ — **النسغ النـاقص** : تتوزع الاملاح الممتصـة في خلايا قشرة الجذر ، وتصـل مع الماء الى الاوعيـة الخشبية حيث تشكل النسغ النـاقص . ويعتبر النسغ النـاقص محلولاً ممدداً جـداً من الاملاح المعدنية ، فهو يحتوي وسطيـــاً ١ غ من الاملاح في كل ٣ — ٥ ليترات من الماء .

٢ — دوران النسغ الناقص

التجارب العملية :

آ — صعود النسغ الناقص بواسطة الاوعية الخشبية : ونبين ذلك بالتجارب التالية :

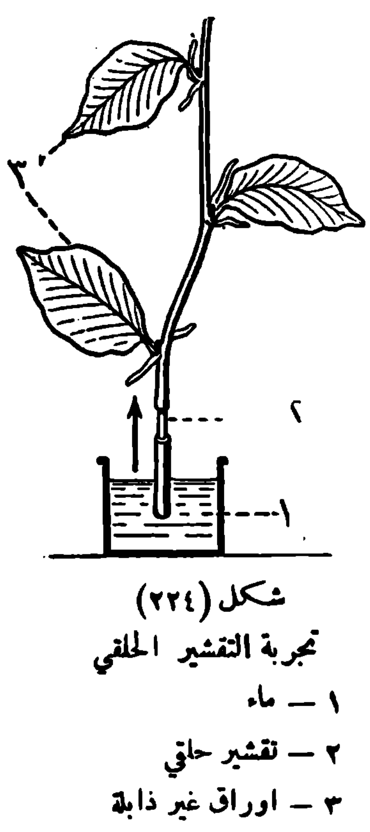
١ — نقطع القشرة واللحـاء في ساق قطعاً دائرياً بشكل حلقة دون ان نمس الخشب ويدعى ذلك بالتقشير الحلقي .

فنشاهد ان الاوراق التي تقع فوق التقشير هذا لاتذبل بل تستمر في الحياة لانها تتلقى النسغ الناقص من الخشب .

٢ـ لنضع قاعدة الغصن الذي اجرينا عليه التقشير الحلقي في محلول الفوكسين فنجد ان المحلول هذا قد صعد في الغصن وتلونت اوعيته الخشبية بالاحمر .

٣ ـ لنقطع غصناً مورقاً وننغطس قاعدته في البارافين المصهور مدة دقيقة واحدة ، فنراها تصعد الى ارتفاع بضعة مليمترات في الاوعية الخشبية بفضل الظاهرة الشعرية ، ثم تتجمد وتسد الاوعية المذكورة .

ثم لننظف سطح المقطع بواسطة الموسى لازالة طبقة البارافين التي سدت القشرة واللحاء والمخ ـ ثم لنغطس الغصن في الماء فنلاحظ ان الغصن يذبل لان الماء لم يتمكن من الصعود فيه.



شكل (٢٢٤)
تجربة التقشير الحلقي
١ ـ ماء
٢ ـ تقشير حلقي
٣ ـ اوراق غير ذابلة

فصعود النسغ الناقص اذن يتم بواسطة الاوعية الخشبية وحدها دون سواها تقريباً .

ب ـ سرعة صعود النسغ الناقص : لقد تبين بنتيجة القياسات ان سرعة صعود النسغ الناقص تختلف من نبات لآخر ، فهي في نبات التبغ مثلا ١م في الساعة . وفي نبات الكرمة (١،٢٠)م في الساعة .

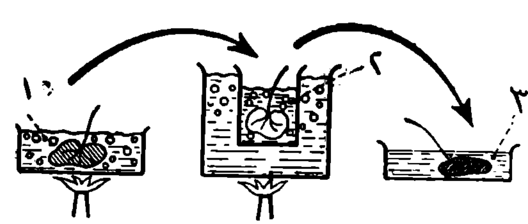
التركيب الضوئي أو اليخضوري

ان التركيب الضوئي (او اليخضوري) وظيفة تقوم بها النباتات الخضراء المعرضة للنور لصنع موادها العضوية ، وخاصة السكريات منها على وكس غاز الكربون الموجود في الهواء ، والماء الذي تمتصه الجذور .

بيان الظاهرة

١ — تركيب السكريات بواسطة النباتات اليخضورية المعرضة للنور :

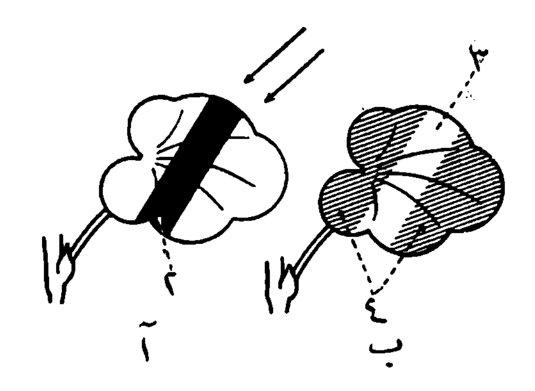
التجربة الاولى : لنعرض نبتة غرنوقي الى النور عدة ساعات ، ثم نقتلع ورقة منها ونضعها في ماء بحالة الغليان ، ثم نعالجها بالكحول لنزيل لونها ، ثم نضعها في ماء اليود ، فنرى ان الورقة تتلون بشدة باللون الازرق مما يدل على وجود كمية كبيرة من النشاء .



١ - ماء في حالة الغليان
٢ — غول في حالة الغليان
٣ — ماء يودي

(شكل ٢٢٥)
بيان وجود النشاء في ورقة خضراء

التجربة الثانية : اذا عالجنا ورقة من نبات الغرنوقي ، بعد وضعه في الظلام مدة ٢٤ ساعة ، بماء اليود ، نرى انها لاتظهر اي تلون يدل على وجود النشاء . غير اننا اذا عرضنا النبات الى النور مدة من الزمن ، تعود الاوراق وتمتلىء بالنشاء ، واذا وضعنا على ورقة منها ، قبل ان نعرضها للنور ، عصابة سوداء ، يتبين لنا ان الاقسام المعرضة للنور وحدها هي التي يتشكل فيها النشاء .



(شكل ٢٢٦)
اجزاء الورقة التي عرضت على النور تحتوي وحدها على النشاء

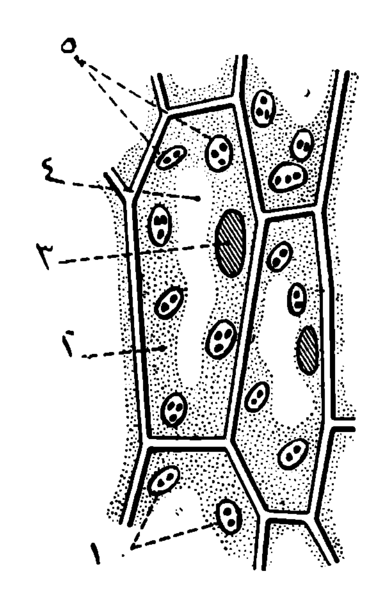
١ - ضوء
٢ عصبة
٣ - منطقة خالية من النشاء
٤ — منطقة حاوية على النشاء

نستنتج من ذلك : ان اقسام النباتات الهوائيـة الخضراء تركب السكريات اذا كانت معرضة للنور .

٢ — التركيب الضوئي منوط بوجود اليخضور :

لنأخذ ورقة مبرقشة (اي صحيفتها الخضراء تشتمل على منـاطق بيضاء لايخضور فيها) ونعالجها بماء اليود . فيتبين ان النشاء تكون في اقسامها الحاوية على اليخضور فقط .

واذا فحصنا ورقة من نبـــات الطحلب العادي في قطرة من ماء اليود بالمجهر نلاحظ الجسيمات الصانعة لليخضور وفيها حبيبات النشاء قد تلونت بالأزرق . ولا يحصل ذلك الا اذا كان النبات معرضاً للنور وقد رأينـا أن الفطور المجردة من اليخضور لا تتمكن من تركيب السكريات .



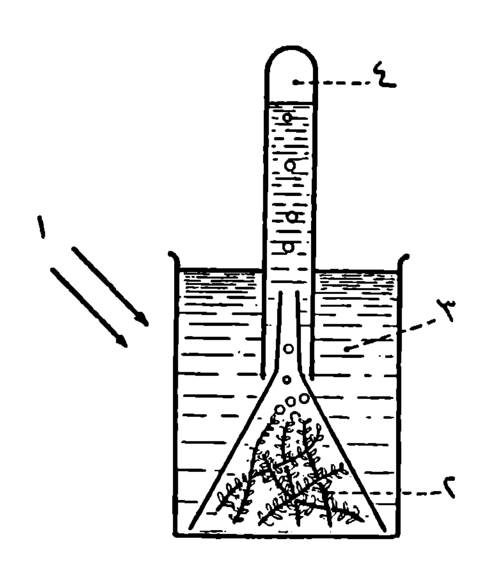
(شكل ٢٢٧)
خلايا ورقة لنبات الطحلب بعد معالجتها بالماء اليودي

١ - جسيمات صانعة لليخضور
٢ — سيتو بلاسما
٣ - نواة
٤ - فجوة
٥ — حبيبات النشاء

فالتركيب الضوئي منوط بوجود اليخضور (وهو صباغ أخضر يتمركز في الجسيمات الصانعة لليخضور) .

٣ - يرافق التركيب الضوئي مبادلات غازية تتم مع الوسط الخارجي :

تجوبة : لنأخذ حوضاً زجاجياً يحتوي على ماء سلتز (أي ماء حل فيه غاز الكربون (ولنضع فيه باقة من نبات الايلوديا المائي الأخضر ، ثم نعرض الحوض لأشعة الشمس .فنلاحظ ان فقاعات عديدة تصعد من أوراق النبات ،واذا أنقصنا شدة التنوير نرى ان انطلاق الفقاعات يتناقص ويتوقف بعدئذ ، ثم يعود اذا أرجعنا التنوير الأولي .



(شكل ٢٢٨)
انطلاق الاكسجين من اغصان نبات الايلوديا
حين عرضت على النور
١ – ضوء
٢ – نبات الايلوديا
٣ – ماء غاز الكربون
٤ – اكسيجين

آ – الغاز المنطلق هو الاكسجين :

لننكس فوق نبات الايلوديا قمعاً من الزجاج ، ولنغمره بكامله بالماء ، ثم لننكس فوق نهايته انبوب تجربة يملؤه الماء نفسه ، فنلاحظ انطلاق فقاعات غازية فيه . ونتحقق أن هذا الغاز هو الاكسجين بادخال عود ثقاب فيه بصيص فيشتمل .

ب – يمتص النبات غاز الكربون بنفس الوقت الذي ينطلق فيه الاكسجين :

يمكننا أن نبرهن على هذا الامتصاص ،رغم أنه أقل وضوحاً من انطلاق الاكسيجين:

لنضع أغصان نبات الايلوديا في حوض فيه ماء قد جرد من جميع الغازات المنحلة فيه ، بواسطة الغليان ،وحتى من غاز الكربون الشديد الانحلال . وعندما نعرض الجهاز للنور ، لا نشاهد أي انطلاق لغاز الاكسيجين . فالتركيب الضوئي لا يحدث اذن بدون وجود غاز الكربون .

وبالعكس اذا أضفنا قليلا من ماء سلتز الى ماء الحوض المذكور – فان انطلاق الاكسيجين يعود من جديد .

وفي النباتات اليخضورية الهوائية تتم مبادلات غازية بينها وبين الوسط الخارجي على نفس النمط ومن نفس الطبيعة ، الا أنها لا تكون مرئية . ويمكن تبيان حادثتها بواسطة طرق تحليل الغازات التي سندرسها فيما بعد .

٤ - الخلاصة : يمكننا ان نعبر عن تركيب النشاء في نبـات الغرنوقي المعرض للنور بالتفاعل التالي :

$$6n\ CO_2 + 5n\ H_2O + \text{ك حريرات} = (C_6\ H_{10}\ O_5)n + 6n\ O_2 \rightarrow$$

غازالكربون ماء قدرة نشاء اوكسجين

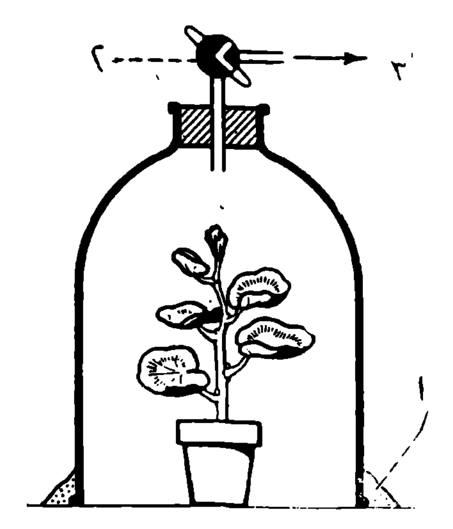
١ — فهذا التفاعل ماص للحرارة يتطلب انجازه قدرة مصدرها القدرة الضوئية .

٢ — ويعتبر هذا التفاعل الكيماوي ارجاعاً لغاز الكربون بالماء بالدرجة الاولى .

قياس المبادلات الغازية اليخضورية

طريقة تحليل الهواء المحصور حيث يعيش النبات الاخضر : ونكتفي بذكر مبدئها نظراً لتعقيد تطبيقها :

يوضع نبات اخضر في مكان مغلق ويعرض للنور ، ثم يحلل هواء المكان هذا قبل التجربة وبعدها ،وبهذا يقاس حجم غاز الكربون الممتص ح١ والاكسجين المنطلق ح١' .



(شكل ٢٢٩)
مكان مغلق يساعد على تحليل الهواء حيث يعيش نبات اخضر
١ - فازلين
٢ صنوبر
٣ - نحو جهاز اخذ الغاز

ومن السهولة يمكننا ان نصحح حجوم الغازات المراد قياسها ،وذلك لأنه يحصل في التركيب الضوئي مبادلات غازية على عكس ما يحصل في التنفس تماماً ، اذ ان النبات يقوم بعملية التنفس والتركيب الضوئي بآن واحـد ، فهو يمتص بالتنفس الاوكسجين ويطلق

غاز الكربون فالحجوم التي حصلناعليها قبل التجربة وبعدها ليست سوى محصلة الظاهرتين: التنفس والتركيب الضوئي معاً .

الا ان المبادلات الغازية اليخضورية في النباتات الخضر المعرضة للنور ، تحجب المبادلات الغازية التنفسية لأنها اشد منها بعشر مرات تقريباً . ومع ذلك يجب ان يصحح الحجم ح^{1} وحَ^{1} كما يلي :

ح (حجم CO_2 الممتص واقعياً بالتركيب الضوئي)=ح^{1}(المقاس) + ح^{2}(المنطلق بالتنفس) .
حَ(حجم O_2 المنطلق واقعياً بالتركيب الضوئي)=حَ^{1}(المقاس)+حَ^{2}(الممتص بالتنفس).
ولمعرفة ح^{2} وح$^{\prime 2}$ في حادثة التنفس ،نعيد التجربة السابقة على نفس النبات وفي المدة ذاتها ولكن في الظلام (لنوقف بذلك عملية التركيب الضوئي) ، فنستطيع حينئذ قياس الحجمين ح^{2} وحَ^{2} بتحليل هواء المكان المغلق قبل التجربة وبعدها .

ونستطيع ايضاً ان نقيس المبادلات الغازية التنفسية بترك النبات معرضاً للنور وذلك بأن نخدر النبات بوضع اسفنج مبللة بالكلوروفورم في المكان المغلق ، فالتخدير يوقف عملية التركيب الضوئي ويدع التنفس مستمراً .

شدة التركيب الضوئي : تقاس شدة التركيب الضوئي بكمية O_2 المنطلقة بكمية CO_2 الممتصة بوحدة الوزن من النبات الجاف في وحدة الزمن .

تبدلاتها : وتختلف شدة التركيب الضوئي حسب الانواع النباتية . كما انها تختلف في النوع الواحد بتأثير عوامل البيئة الخارجية ، كالحرارة ونسبة CO_2 في الهواء ، والنور .
١ الحرارة: يكون التركيب الضوئي ضئيلا في الدرجة صفر من الحرارة ،وتتراوح الدرجة الفضلى بين ٣٥° ــ ٤٠° ثم ينخفض التركيب الضوئي ويضمحل في الدرجة ٥٠° من الحرارة .

٢ ــ نسبة غاز CO_2 في الهواء : تزداد شدة التركيب الضوئي بازدياد نسبة CO_2 في الهواء ، حتى تصل الى كمية فضلى بين ٦ ــ ٨ ٪ من CO_2 الا ان نسبة CO_2 في الهواء تبقى بعيدة عن الحد الافضل ، لانها تساوي ٠،٠٣ ٪ .

٣ النور وتأثير شدته : ينعدم التركيب الضوئي ليلا ، بينما يزداد بازدياد شدة النور، الا ان الشدة الفضلى تختلف بحسب نوع النبات .

٤ - التأثير الناتج عن تضافر العوامل المختلفة مجتمعة : تخضع المبادلات الغازية اليخضورية الى اضعف عامل في الوسط أي العامل الذي يكون في شدته الدنيا :

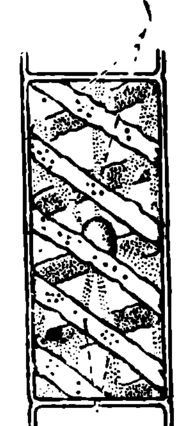
فاذا وجد النبات مثلا في نور ودرجة حرارة متلائمتين معه ، فان شدة التركيب تتبع لنسبة CO_2 الذي يكون في حد أو نسبة أدنى .

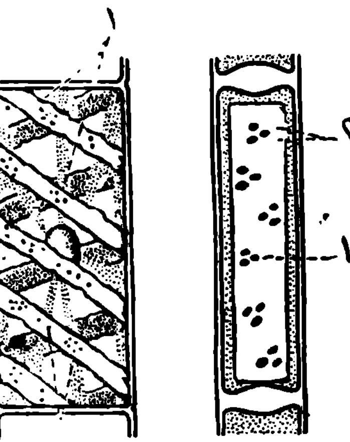
اليخضور Chlorophylle

اليخضور مادة خضراء تلون الاوراق والسوق المشبيــة وهي مفقودة في الفطور والباكتريات ، ونادراً في بعض باديات الالقاح كالمالوك .

ويتوضع اليخضور في الجسيمات الصانعة الخضراء في خلايا النسج الخاصة اليخضورية، وخصوصاً الورقية .

ويختلف شكل الجسيمات الصانعة لليخضور ، باختلاف النباتات ، فهي مدورة عــادة ، وتبدو بشكل شريط حلزوني في الاشنة الحلزونية (سبير وجيرا) ؛ وبشكل صفيحة مستطيلة الشكل في الميزوكاربوس) .





شكل (١٣٠)

الى اليسار : جسيم صانع اليخضور في نبات الاشنه الحلزونيه .

الى اليمين : جسيم صانع اليخضور في نبــات الميزوكاربوس .

١ ــ جسيم صانع لليخضور .

٢ ــ حبيبات النشاء .

اصبغة الجسيمات الصانعة الخضراء :

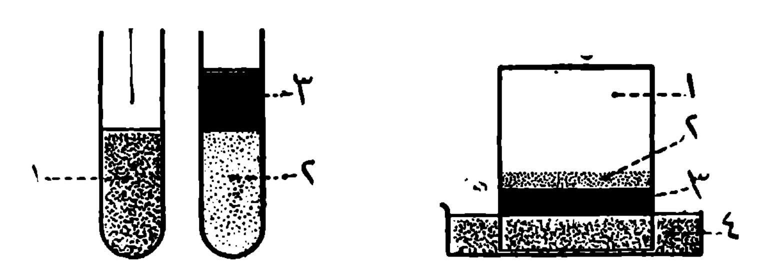
استحضار الاصبغة اليخضورية الخام : اذا نقعنــا أوراق الاسبــانــاخ أو أوراق

القراص لمدة ٢٤ ساعة في الكحول أو الخلون ، ترى أن اليخضور الخام ينتشر في المحلول ويزول لون الجسيمات الصانعة الخضراء .

ويمكننا أن نجري العملية في وقت أقصر ، إذا سحقنا أوراق الاسباناخ أو أوراق القراص في هاون يحوي كحولاً بكثافة (٩٠°) أو خلوناً . ثم نرشحه فنحصل على محلول أخضر من اليخضور الخام في الكحول (أو الخلون) .

٢ - **تركيب اليخضور الخام** : يتركب اليخضور الخام من مزيج ثلاثة اصبغة هي : اليخضور النقي (بلون أخضر) واليصفور (بلون أصفر) والجزرين (بلون برتقالي). ويمكننا أن نفصل هذه الاصبغة عن بعضها كما يلي :

أ - تجربة: نضيف الى محلول الكحول اليخضوري الخام الذي حصلنا عليه سابقاً كمية من البنزين ونخضه جيداً . ثم نترك السائل هذا فترة من الزمن حتى ينفصل الى طبقتين : الطبقة العليا خضراء وتحوي على اليخضور النقي المنحل في البنزين ، بينما تكون الطبقة الكحولية السفلى بلون أصفر لاحتوائها على بقية الاصبغة من يصفور وجزرين .



شكل (٢٣١)
عزل الاصبغه الموجودة في محلول اليخضور الكحولي الخام

الى اليسار : بواسطة البنزين :

١ - كحول ويخضور خام . ٢ - جزرين ويصفور . ٣ - بنزين + يخضور نقي .

الى اليمين : بواسطة ورق ترشيح نشاف :

١ - ورق ترشيح . ٢ - جزرين ويصفور . ٣ - يخضور نقي . ٤ - يخضورخام (محلول كحولي)

ب - لنغمر شاقولياً النهاية السفلى لورقة نشاف في محلول كحولي من اليخضور الخام ، فنرى أن السائل يصعد في الورقة بفضل الخاصة الشعرية ، كما نشاهد على الورقة عصبتين ملونتين ، فالعصبة الاولى السفلى تكون ملونة بالاخضر ، الذي يعود لوجود

اليخضور النقي ، واما الثانية وهي الملونة فتكون ملونة بالاصفر الذي يعود لوجود مزيج من اليصفور والجزرين .

٣ – **اليخضور النقي** : يشكل اليخضور النقي القسم الاعظم من الجسيمات الصانعة الخضراء ويحجب بقية الاصبغة مما يكسب اليخضور الخام اللون الاخضر ، وهو الذي يدخل لوحده في عملية التركيب الضوئي.

تركيبه الكيمياوي : اليخضور مركب عضوي آزوتي ويحتوي على عنصر Mg ، ولشبه بنيته القرية بنية الدمين (هيماتين) في خضاب الدم،التي تحتوي علىعنصر الـ Fe بدلاً من عنصر Mg .

وفي الواقع يكون اليخضور النقي مؤلفاً من مزيج نوعين من اليخضور :
اليخضور (آ) ذو اللون الازرق المائل الى الخضرة . واليخضور (ب) ذو اللون الاخضر . وهما من طبيعة كيميائية متجاورة ، ويشتركان معاً في الجسيمات الصانعة .

تشكل اليخضور : يظهر اليخضور فيالجسيمات الصانعة الناتجة عن تطور المصورات الحيوية ، ولا يتشكل اليخضور الا بتوفر شروط معينة هي :

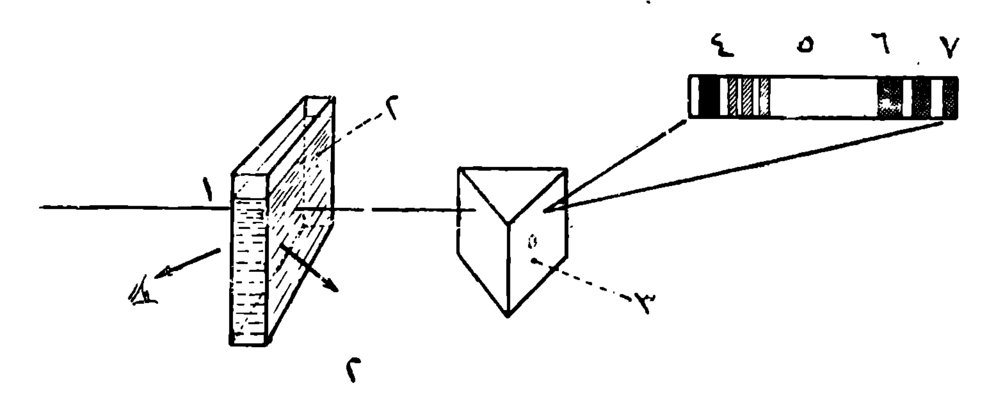
– كمية كافية من النور : فلا تخضر السوق والاوراق الا اذا وجدت في الظلمة (لب الخس ، ونبتات البطاطا الفتية التي تنمو في قبو ...) فيقال انها اصيبت بالهيج (فقـــدان الخضب) ، ولكننا اذا عرضناها للنور بعدئذ نراها تكتسب اللون الاخضر .

– كمية كافيةمن الحرارة :وتقرب درجة الحرارة الفضلى لتشكل اليخضور من ٣٠° .
– وجود الحديد في الوسط المغذي : للحديد اهمية كبرى في تشكل اليخضور ،مع انه لايدخل في تركيب ذرته ،فهو يلعب دور عامل بالتماس في التفاعلات التي تؤدي الى تركيبه. ويؤدي عدم وجوده في النباتات الى اصفرارها ، رغم تعرضها للنور .
٤ – **الاصبغة الجذرينية** : يعتبر الجزرين فحماً هيدروجينياً ، بلون برتقالي وهو طليعة الفيتامين آ .

وأما اليصفور الذي يطلق عليه اسم المحجين فهو مركب يرافق مادة الجزرين ، ذو لون اصفر ويكسب الاوراق الهيجاء التي نمت في الظلمة لونها الابيض المائل الى الصفرة (لب الخس) .

خواص اليخضور الضوئية : من أهم خواص اليخضور امتصاصه لبعض أشعة النور

تجربة طيف امتصاص اليخضور : إذا وجهنا حزمة ضوئية بيضاء على حوض زجاجي بشكل متوازي المستطيلات يحوي على محلول كحولي لليخضور ، بحيث تقع هذه الحزمة بعدئذ على موشور بعد أن تخترق الحوض المذكور ، نرى أن بعض الاشعاعات قد انعدمت في الطيف الذي تتلقاه على لوحة أعدت لذلك . ويحل محل هذه الاشعاعات الناقصة سبع عصبات سوداء امتصاصية هي :



(شكل ٢٣٣)

١ - ضوء ابيض ٢- يخضور خام ٣ - موشور ٤ - احمر ٥ - اخضر ٦ - ازرق ٧ - بنفسجي

أ - عصبة عريضة قاتمة في منطقة الاحمر زالت بتمامها تقريباً .

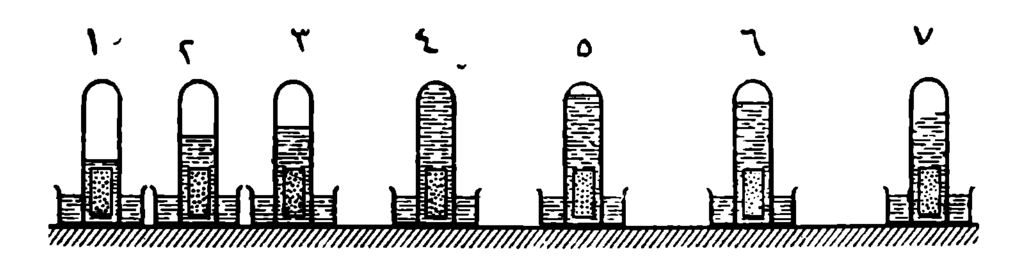
ب - ثلاث عصبات ثانوية في منطقتي البرتقالي والاصفر .

جـ - وثلاث عصبات عريضة في مناطق الأزرق والنيلي والبنفسجي .

ونلاحظ أنه لايحدث الامتصاص في منطقة الأخضر التي تبقى بكاملها . وتكون عصبة الامتصاص المتوضعة في منطقة الأحمر ذات شدة عالية .

دور اليخضور في التركيب الضوئي : ان عملية التركيب اليخضوري ماصة للحرارة بعكس حادثة التنفس ، كما يستوجب انجازهـا وجود النور واليخضور ، ونستطيع بناء على ذلك أن نفترض بأن القدرة الضرورية لتفاعلات التركيب الضوئي ، تنتج من الأشعة الضوئية التي يمتصها اليخضور .

ولقد أيدت التجارب هذه الفرضية وبينت بأن الاشعة التي يمتصها اليخضور هي بعينها التي تساعد على عملية التركيب الضوئي ، ونبين ذلك بالتجربة التالية :



(شكل ٢٣٣)

طريقة الطيف (جميع الانابيب تحتوي على قطع ورق متساوية)

١ - احمر ٢ - برتقالي ٣ - اصفر ٤ - اخضر ٥ - ازرق ٦ - نيلي ٧ - بنفسجي

طريقة الطيف : لنحصل في غرفة مظلمة - بفضل موشور - على طيف لنور أبيض واضح التبدد ، ولنضع على طريق كل من الشعاعات المختلفة الرئيسية ، أنبوب تجربة يحوي على قطعة خضراء من ورق الخيزران مثلا ، غاطسة في ماء غني بـ CO_2 مع ملاحظة وجوب تساوي جميع القطع الورقية .

فنرى بعد ساعات قليلة أن انطلاق الاوكسجين يكون شديداً في منطقة الاحمر ، وبطيئاً في منطقة البرتقالي والأصفر ، ومعدوماً في منطقة الاخضر ، وضئيلا جداً في مناطق الازرق والنيلي والبنفسجي .

والخلاصة : أن هناك توافق تام ما بين الاشعة التي يمتصها اليخضور وبين الاشعة التي يستخدمها التركيب الضوئي ، فاليخضور يحول القدرة الضوئية التي يمتصها الى قدرة كيميائية .

وهكذا يتم تركيب السكريات بتفاعل مزيج غاز CO_2 والماء ، ويلعب اليخضور دور المحسس الضوئي لهذا التفاعل بامتصاصه القدرة من بعض الاشعة .

نتائج التركيب الضوئي

يتم تشكل السكريات نتيجة لنشاط التركيب الضوئي في نسج الاوراق .

ويمثل النشاء المرحلة الطبيعية لهذا التركيب اليخضوري عند كثير من النباتات

الخضراء ، فهو بوجوده في الاعضاء برهان حقيقي مميز لحدوث التركيب الضوئي ونلخص هذه الظاهرة بالمعادلة التالية :

$$6\,n\,CO_2 + 5\,n\,H_2O + \text{قدرة حريرات} = (C_6H_{10}O_5)\,n + 6\,n\,O_2 \nearrow$$

إلا أن كثيراً من النباتات ذات الفلقة الواحدة (كالسوسن والخزامى والنجيليات) لاتحتوي اوراقها المعرضة للنور على نشاء ابداً ، بل نجد فيها سكريات منحلة في الفجوات (كالغلوكوز ، والليفولوز وخاصة السكاروز) وجميع هذه السكريات هي نتيجة لحدوث التركيب الضوئي .

ويعبر عن تركيب الغلوكوز بالتفاعل التالي :

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O + \text{٦٧٠(حريرة)} = (C_6H_{12}O_6) + 6O_2 \nearrow$$

ولكن هذا التفاعل مع التفاعل السابق ، لا يدلان على الظاهرة الا بصورة اجمالية ، وذلك لان طرف المعادلة الاول لا يمثل سوى المرحلة البدائية منها ، بينما يمثل طرفها الثاني المرحلة النهائية لها . وما التركيب الضوئي الا سلسلة معقدة جداً من التفاعلات الكيميائية العديدة .

اصطناع المواد العضوية الاخرى
في النباتات اليخضورية

١ - **اصطناع البروتيدات (الآحيات)** : ينجم تركيب ذرات البروتيدات الضخمة على وكس النترات التي يمتصها النبات من التربة ، ويحدث هذا التركيب في الجذور وفي الاوراق .

ففي الجذور ترجع النترات ثم تتحول الى مركبات نشادرية تتحد مع السكريات الناتجة عن التركيب الضوئي وتشكل البروتيدات .اما في الاوراق فلا يحدث هذا التحول إلا تحت تأثير النور . فترجع النترات ثم تتحول الى مركبات نشادرية تتحد مع قسم من طليعة الجسم العضوي (وهو ليس من السكريات ،ولكنه يعتبر اول جسم يتشكل بنتيجة التركيب الضوئي) فتحصل البروتيدات ، كما ينتج عن القسم الآخر سكريات .

٢ — اصطناع الشحوم: يزداد اصطناع الشحوم في البذور والاثمار الزيتية ، ويكون تكوينها على وكس السكريات (لا تحوي البذور الزيتيـة الفتية إلا سكريات فقط تزول بالتدريج في دور النضج وتحل محلها الشحوم كلما زالت) .

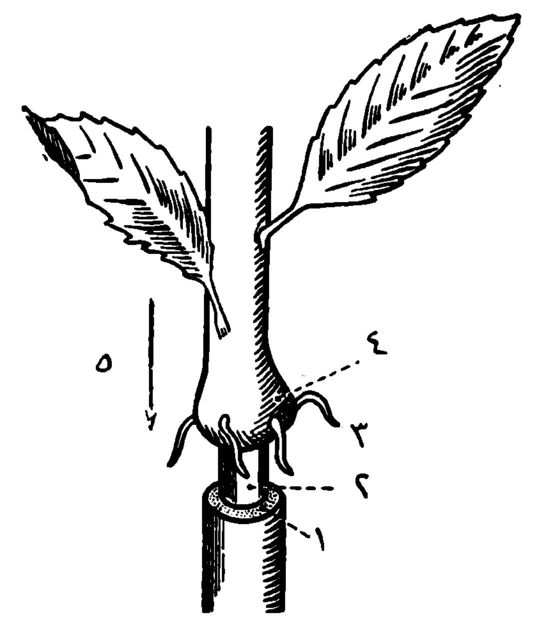
النسغ المحضر ودورانه

يفقد النسغ الناقص في الاوراق كمية من مائه بالانضاج والتعرق، ويكسب بالتركيب الضوئي مواد عضوية جديدة ، وخاصة السكريات والبروتيـدات فينقلب إلى نسغ مغذ أو محضر ، يتوزع الى سائر انحاء النبات فيغذيه ، وتسهل انحلال بعض مواد هذا النسغ خمائر خاصة . فالنشاء يتحول الى مالتوز بفعـــل خميرة خاصة ، وهذا ينقلب بدوره الى غلوكوز ينحل في الماء ويهاجر من الاوراق .

دوران النسغ المحضر : ينتشر النسغ المحضر من خلية الى اخرى في النسج الخاصة الورقية ، ثم ينتقل الى العصيبات فالمماليق ، حيث يصل الى الاغصان ومنها ليهاجر بعدئذ ويتوزع في جميع انحاء النبات .

يجري النسغ المحضر ضمن الانابيب الغربالية ، ويكون اتجاهه صاعداً او نازلاً بحسب المناطق التي يتجه اليهـا ويثبت ذلك بتجربة التقشير الحلقي :

يصنع في منشأ غصن مورق شق دائري تقطع فيه حلقة من القشر مع طبقة من اللحاء بدون ان يمس الخشب ، فيلاحظ أن هـــذا الشق يلتئم ثم تتكون في شفته العليا حوية بارزة تصدر عنها جذور منضمة ، بينما تبقى شفته السفلى على حالها . ويعلل ذلك



شكل (٢٣٤) تشكل ندبة حلقية بعد التقشير الحلقي
١ — لحاء وقشرة ٢ — خشب ٣ جذور منضمة
٤ — ندبة حلقية ٥ — نسغ محضر .

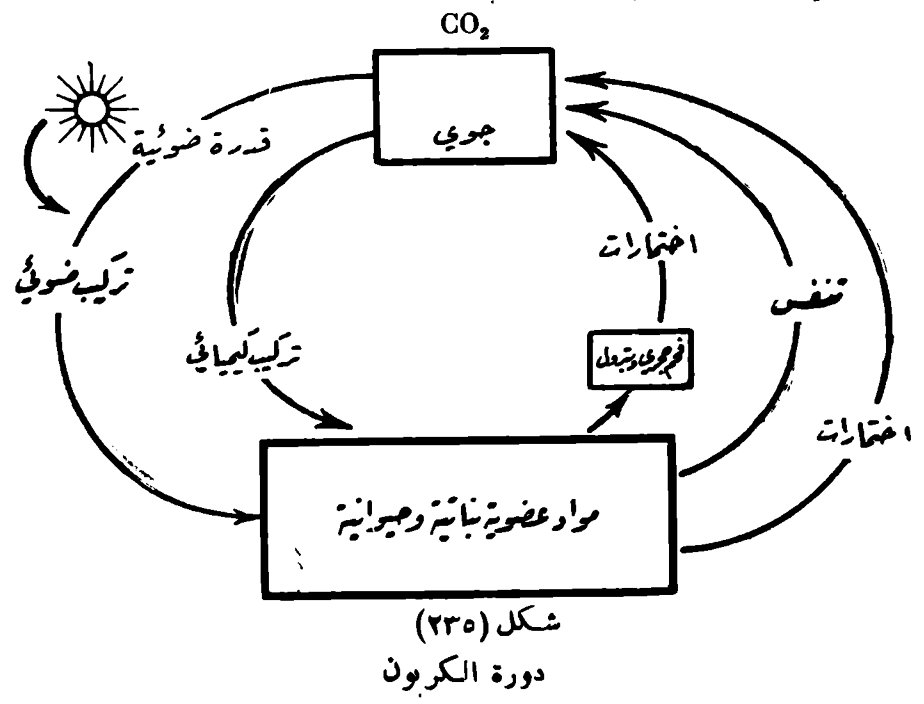
بتراكم النسغ الذي صنعته الاوراق فوق الشق لعدم تمكنه من الهجرة نحو اسفل الساق فاللحاء هو مقر لتيار هابط من النسغ ، ينزل في الساق نحو الجذور .

واذا أجري هذا التقشير الحلقي في غصن مجرد من الأوراق ، فلاحظ أن البرعم النهائي يتوقف نموه (لتوقف تيار النسغ المحضر الذي يصعد نحو البرعم من جراء عملية النزع الحلقي) .

نستنتج من ذلك : ان اللحاء هو ايضاً مقر لتيار صاعد من النسغ المحضر نحو البراعم، والسوق وأزرار الأزهار التي تعتبر بأجمعها مكاناً لاستهلاكه .

دورة الكربون في الطبيعة

لعنصر الكربون أهمية كبيرة في حياة الكائنات الحية ، وهو يتحول في الطبيعة مابين الشكل المعدني (CO_2) والشكل العضوي (سكريات شحوم بروتيدات) باستمرار ، وقد رأينا أن تحول الكربون المعدني الى أجسام عضوية لايتم الا بفضل التركيب الذي تقوم به النباتات الخضراء . ثم يعود الى الشكل المعدني بفضل التنفس والاختمار والاحتراقات الشديدة ويمثل الشكل التالي دورة الكربون في الطبيعة :

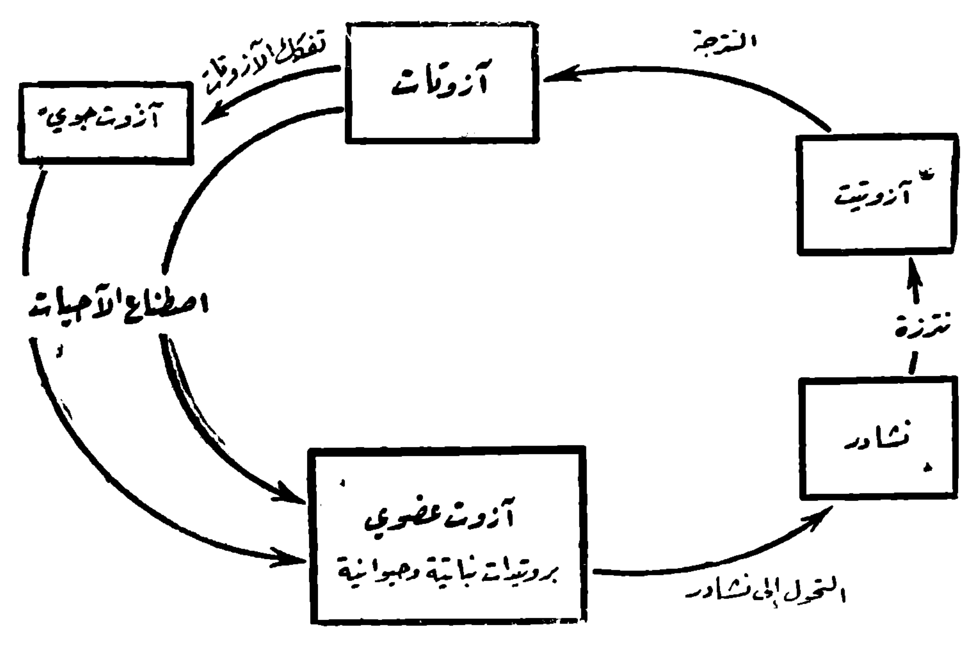


شكل (٢٣٥)
دورة الكربون

التغذية الآزوتية

ودورة الآزوت في الطبيعة

هي مجموعة التحولات التي تطرأ على المركبات الآزوتية في الطبيعة وتشمل هذه الدورة الاطوار الآتية :



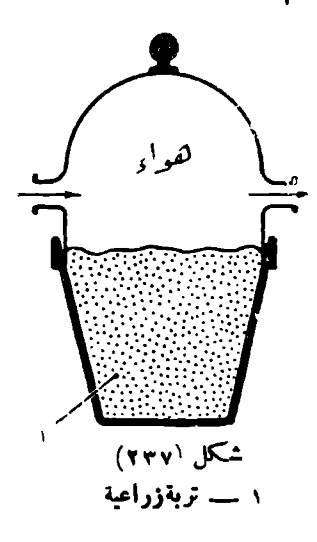
شكل (٢٣٦) دورة الآزوت

١ - تحول الآزوت المعدني الى آزوت عضوي :

آ - اعتبارا من النترات والاملاح النشادرية : تمتص النباتات الخضراء الاملاح النشادرية والنترات وتتحول الاخيرة الى بروتيدات . وتفيد البروتيدات النباتية في تغذية الحيوانات العشبية ، التي تستعمل بدورها في تغذية الحيوانات اللاحمة . فتتحول الى حموض امينية بتأثير الخمائر الهاضمة، وتتشكل من جديد في الخلايا الحيوانية على شكل بروتيدات حيوانية نوعية .

ب ــ اعتبارا من الآزوت الحر الذي يتخلل التربة : ويتم ذلك :

(١) ــ بفضل الراجبيات الحرة في التربة : التي اكتشفت بنتيجة تجارب برتلو : لقد وضع في اصيص، مطلي بطلاء غير نفوذ، كمية من تربة رملية غضارية خالية من الآزوت ومركباته. ثم نكس عليها ناقوس من الزجاج يمر فيه تيار من الهواء الصافي. فوجد بعد مضي عدة اشهر ــ بتعيير هذه التربة قبل التجربة وبعدها ــ ان كمية الآزوت فيها زادت. وقد كرر هذه التجربة على تراب معقم بدرجة ١٠٠° ــ وعلى تراب اضيف اليه قليل من الكلوروفورم ــ فلم تعد التربة قادرة على تثبيت الآزوت. نستنتج مما تقدم ان تثبيت الآزوت، سببه وجود كائنات حية في التربة، امكن استخراجها وزرعها، كراجبيات (كلوستريديوم وآزوتوباكتر) التي تستطيع ان تثبت الآزوت الجوي مباشرة، وتستعمله في تركيب هيولاها. وبهذا تصبح التربة غنية بالآزوت العضوي بفضل وجود هذه الراجبيات.



شكل (٢٣٧)

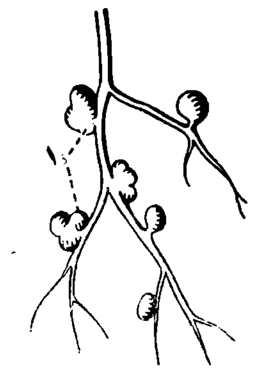
١ ــ تربة زراعية

وتحتاج الراجبيات الى السكريات لتتمكن من تثبيت الآزوت.

(٢) بفضل راجبيات النباتات البقلية (القرنية) :

لوحظ منذ زمن بعيد ان الارض التي تزرع بالنباتات البقلية يكثر آزوتها، فتفعل النبات البقلية هكذا فعل الاسمدة في انماء ثروة الارض الآزوتية. ولذا ادخلت في نباتات الدورات الزراعية.

وقد لوحظ ايضاً على جذور النباتات المزروعة في الحقل، تورمات صغيرة كروية الشكل تدعى العقد الآزوتية.



شكل (٢٣٨)

عقد آزوتية في جذور النباتات البقلية

والعقدة الآزوتية هي بمثابة جذر صغير ثخين ، ذلك لأننا نشاهد في مقطعه العرضي حزماً لحائية خشبية تحيط بمخ كبير تضخمت خلاياه لاحتوائه على راجبيات عديمة الحركة يبلغ طولها عدة صغيرات وعرضها صغير واحد . تأخذ شكل حرف V أو Y وتدعى هذه الراجبيات العصيات الجذرية .

فهل هناك صلة ما بين الخاصة التي تقوم بها النباتات البقلية بتثبيت الآزوت الهوائي المتغلغل في التربة من جهة ، وبين وجود راجبيات العقد الآزوتية من جهة أخرى ؟. لقد تبين أن الصلة وثيقة كما تبرهن على ذلك التجارب التالية :

تزرع بذرة من بذور النباتات البقلية في تراب معقم بدرجة ١٠٠° ومجرد من كل مركب آزوتي ، فلا يلبث النبات الناتج منها أن يبدي علائم الاحتياج الشديد الى الآزوت ، فيقف نموه ويصفر ثم يموت . فاذا اضفنا الى هذا التراب ، تراباً من أرض عادية كانت مزروعة بنباتات بقلية ، وسقينا الجميع بالماء ، فان النبات الذي كان آخذاً بالموت ، ينتعش ويستعيد صفاته الطبيعية ، ثم ينمو على الرغم من تجرد أرضه من الآزوت ، وتظهر على جذوره في نفس الوقت ، العقد الآزوتية .

نستنتج مما تقدم ان العصيات الجذرية قامت بتركيب البروتيدات على وكس آزوت الهواء ، ثم تقوم الخلايا المتضخمة الموجودة في العقد الآزوتية ، بهضم العصيات ، بفضل خمائر تفرزها ، فتتغذى النباتات البقلية بأشلائها الآزوتية .

وتقوم النباتات البقلية بتركيب السكريات بفضل التركيب الضوئي ، وتعطي للراجبيات قسما منها يساعدها على تركيب المواد الآزوتية .

وهكذا يجري بين النباتات البقلية ،وبين العصيات الجذرية تبادل بالمنفعة يدعى **التعايش**.

٢ — **تحول الآزوت العضوي الى آزوت معدني**: يطرأ في التربة على المركبات العضوية الآزوتية الناتجة من جثث الحيوانات والنباتات (أي البروتيدات) ومن الفضلات الآزوتية كالبولة ، سلسلة تفاعلات تحطمها تدريجياً ، وتؤدي بها لتشكل النترات (الآزوت المعدني).
وتمر هذه التفاعلات المتدرجة — التي يرجع مردها الى الجراثيم — في المراحل التالية :

آ — **التفسخ** : يطرأ على انقاض الحيوانات والنباتات ، وعلى فضلاتها الآزوتية تفسخ

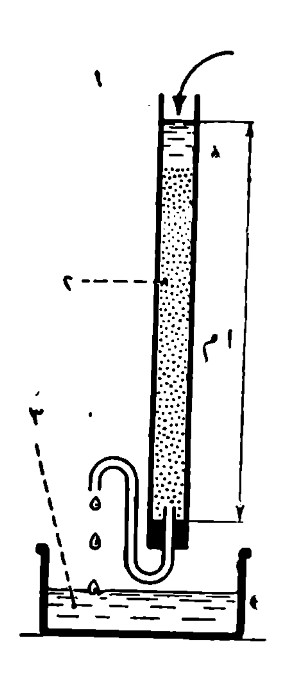
او اختمار تفسخي سببه العفنات والراجبيات ، فتتحول البروتيدات الى حموض امينية يصحبها تشكل غاز الكربون واجسام ذات رائحة كريهة كغاز كبريت الهيدروجين والسكاتول . ويؤدي التفسخ الى تشكل الدبال .

ب ـــ النشدرة : وتتحول الحوض الآمينية ، البولة الناتجة من البول ، الى املاح نشادرية ، وتحدث هذه الظاهرة الهامة بتأثير العفنات كالعفن الابيض وبتأثير الراجبيات (كالمكورات البولية) . فالمكورات البولية مثلاً تميه البولة وتحولها الى فحمات امونيوم حسب التفاعل التالي :

$$CO(NH_2)_2 + 2H_2O \rightarrow CH_3(NH_4)_2$$

كما تتحول الحوض الآمينية بدورها الى املاح نشادرية.

ج النترجة : تتحول بفضلها الاملاح النشادرية الى نترات بتأثير راجبيات النترجة كما تبين التجربة التالية :



(شكل ٢١٢)
نترجة المياه النشادرية بواسطة راجبيات النترجة

١ ـــ مياه نشادرية
٢ ـــ تربة خالية من النترات
٣ ـــ نترات

اذا امررنا ببطء مياهاً نشادرية (مياه المجاري العامة) في انبوب يحتوي على تراب زراعي مجرد من النترات ، فاننا نحصل بالنتيجة على نترات في قاعده السفلي ، وتدعى هذه العملية بالنترجة . ولا يمكن ان تحدث النترجة اذا عقمنا التربة بحرارة ١٠٠° او اضفنا اليها قليلاً من الكلوروفورم ، فالنترجة اذن ظاهرة يرجع مردها الى وجود كائنات حية هي راجبيات النترجة .

١ ـ النترزة تتأكسد الاملاح النشادرية وتتحول الى حمض آزوتي بتأثير راجبيات آزوتية مثال راجبية (نيتروزوموناس) . ثم يشكل حمض الآزوتي آزوتيت مع الاسس التي يصادفها في التربة .

٢ ـ النترتة : يتأكسد حمض الآزوتي والنتريت بدوره ، ويتحول الى حمض الآزوت بتأثير راجبيات آزوتية مثال ، راجبية (نتروباكتر) . ويتحد حمض الآزوت مع الاسس في التربة ليعطي آزوتات (نترات) .

شروط تفاعلات النترجة :

١ ـ لايمكن الاستغناء عن الاكسيجين ، ولذا كان حرث الارض ضرورياً للزراعة

٢ ـ يجب أن تكون الحرارة مرتفعة . ويكون حدها الافضل من ٣٥° ـ ٤٠° .

٣ ـ يجب أن تكون الارض ذات تفاعل أساسي لتعدل الحوض النـاتجة ولتشكل الاملاح ، لذا تصلح الاراضي الحامضية باضافة الكلسيوم .

٤ ـ يجب ان تكون في حد معين من الرطوبة (١٠ ـ ١٥ ٪) ماء .

وتعتبر هذه الشروط كلها ضرورية لحيات الراجبيات .

تحلل النترات : تتفكك النترات في التربة الكثيرة الرطوبة ، وذات التهوية الناقصة . وتتحول الى حمض آزوتي فنشادر ثم الى آزوت حر ينطلق، ويكون ذلك بتأثير الراجبيات المحللة للنترات . لذا تعتبر هذه الراجبيات ضارة لانها تفقد الارض من نتراتها .

التطفل والتعايش في النبات والحيوان

رأينا أن النباتات الخضراء قادرة على صنع موادهـا المضوية الضرورية لافعالها الحوية ، وسميت لذلك بالنباتات ذاتية التغذية . إلا أن الحيوانات لاتستطيع ذلك بل تتناول أغذيتها المضوية جاهزة من النباتات الخضراء فهي غير ذاتية التغذية . وأما الفطور واغلب الجراثيم المدعة اليخضور ، فهي غير ذاتية التغذية ايضاً، وتأخذ الموادالسكرية الضرورية اما من اشلاء النباتات والحيوانات المتفسخة التي تعيش عليها وتركب موادها الآحية بنفسها، وتدعى عندئذ « بالرميات ». أو ان تتغذى بالمواد المضوية الحية ، من النباتات والحيوانات الحية التي تتطفل عليها وتدعى « بالطفيليات » .

فالتطفل إذن شركة ربحها وحيد الجانب ، يستفيد منها احد الشريكين فقط ، وهو الضيف على حساب الشريك الآخر وهو المضيف .



(شكل ٢٤٠)
الكشكوت على ساق الفصفصة
١-اوراق ٢-ساق ٣-ازهار
٤- ساق المضيف ٥-ممصات

اولا — التطفل :

آ— النباتات الطفيلية : ونميز منها قسمين :

١ً — النباتات بادية الزهر الطفيلية : نذكر مثالاً عنها الكشكوت ،ويعرف باسم الهالوك ايضاً . وهو نبات يعيش على الصعتر والنفل والفصفصة ، والبطاطا والبندورة ، ساقه ملتفة وأوراقه ضامرة تحولت الى حراشف عديمة اللون ، وأزهاره بيضاء مجتمعة . وينمو الكشكوت بعد انتاش بذرته . ويتسلق على ساق مضيفه مرسلاً فيه ارأ مجهزة بممصات تنغرس في قشرة ساق المضيف ونسجه حتى تصل الى أوعية النسغ فتمتص منها النسغ المحضر والنسغ الخام . وهكذا يضيع القسم الاكبر من غذاء المضيف ، فيقف نموه ويموت . ومن هذه النباتات الجهفيل ويتطفل على جذور الفصفصة .. وذؤنون الأرض ويتطفل على جذور الصفصاف .

والى جانب هذه النباتات العديمة اليخضور ، والتي تتطفل تطفلاً كاملاً ، هناك نباتات بادية الزهر تعيش متطفلة على غيرها رغم وجود اليخضور فيها ، بيد أن تطفلها ناقص ، ونذكر مثالاً عنها نبات الدبق الاخضر ، الذي يعيش على أغصان التفاح مرسلاً ممصاته في نسجها ، حتى تصل الى الاوعية الخشبية ، فيأخذ الدبق منها الماء والاملاح المعدنية ،بينما يأخذ بفضل أوراقه الحاوية على اليخضور غاز الكربون من الهواء،فيكمل بفضل التركيب الضوئي أغذيته .

وفي الشتاء ، تسقط أوراق التفاح ، بينما تستمر اوراق الدبق الدائمة بعملها اليخضوري، ويقدم الدبق الى مضيفه كمية من ماءات الفحم التي صنعها .

وقد سميت هذه الحادثة بالتطفل النصفي ، لأن الدبق لا يأخذ من مضيفه إلا قسماً ضئيلاً من الغذاء ، ويصنع بقية غذائه بنفسه .

ويلاحظ بصورة عامة ان جهاز التغذية في باديات الزهر الطفيلية ، ضامر او ناقص، وذلك لتطوره تطوراً ناقصاً اثناء التطفل .

٢ ـ مستورة الزهر الطفيلية : تنتسب اكثر افراد هذه الفئة الى الاشنيات والفطور وعددها كثير جداً وهي تحدث في الحيوان والنبات امراضاً خطيرة .

١ ـ الفطور الطفيلية : نذكر منها :

ـ عفن الكرمة : الذي يتطفل على اوراق الكرمة وقد درسناه مفصلاً في العام الماضي .

ـ فطر الارمداد : ويدعى المن ، وهو فطر تتألف مشرته من خيوط تزحف على سطح اوراق الكرمة وعلى حبات العنب مرسلاً فيها ممصات صغيرة تمتص بها الاغذية بسرعة ويكافح بسهولة برش زهر الكبريت .

وهناك انواع عديدة من الفطور الطفيلية التي تتطفل على نباتات فصيلة الحبوب مسببة اضراراً كبيرة ، وقد درسنا امثلة كافية عنها في العام الماضي كالسواد او فحم الحبوب ، والشقران او صدأ الحبوب .

ـ ومن الفطور مايتطفل على الحيوانات وعلى الانسان نذكر منها الفطور الشعاعية التي تحدث في الانسان داء خطراً يدعى داء الفطر الشعاعي . والفطور الشعرية التي تحدث السعفات (القرعات) في فروة الرأس .

٢ ـ الجراثيم الطفيلية (الاشنيات) : وهي تحدث اكثر انواع الامراض السارية ونذكر منها عصيات الجمرة الخبيثة ، وعصيات السل ، وعصيات الكزاز وعصيات الحمى التيفية وعصيات الخناق الخ... وتتطفل كلها على الانسان فتضر به بسمومها وذيفاناتها القاتلة .

ب ـ الحيوانات الطفيلية : ان امثلة التطفل في الحيوانات عديدة جداً ، وقد عرفنا كثيراً منها في السنين الماضية . فمنها الجراثيم الحيوانية التي تتطفل على الانسان او الحيوانات مسببة لها امراضا انتانية ، كالمتحول الزحاري ، والمصورات الدموية والمثقبيات الخ و كثير من الحشرات التي تمتص دم الانسان او الحيوان كالبراغيث والقمل ... وطفيلي الجرب الذي يتطفل على جلد الانسان .

كما ان قسماً كبيراً من الديدان يعيش متطفلا على جسم الانسان او الحيوان مسبباً امراضاً خطيرة . كحيات البطن،والبلهارزيات والديدان الشريطية . ومنها مايحتاج لاتمام حلقة تطوره لمضيفين متتاليين .ونكتفي الآن بذكر مثال منها هو الدودة الشريطية المسلحة:

وهي دودة منبسطة تعيش متطفلة على معي الانسان حيث تتثبت بشدة بواسطة محاجمها الارسة وكلاليبها . وتتغذى بحاصلات هضم مضيفها بالحلول . وعندما تنضج تنفصل عنها الحلقات الاخيرة وقد امتلأت بالبيوض ، وتطرح هذه الحلقات مع البراز الى الوسط الخارجي فتتلوث الاعشاب بالبيوض المنتشرة منها فيلتهمها الخنزير ، فتنحل قوقعتها ويخرج منها جنين سدس الاشواك يخترق جدران الامعاء وينتقل بطريق الدم الى العضلات حيث ينمو ويشكل حويصلا في داخله رأس صغير ، ويتوقف النمو عند هذه المرحلة وتبقى الحويصلات في عضلات الخنزير مسببة له داء الشريطيات الكيسي .

واذا اكل الانسان لحم الخنزير المصاب دخلت الحويصلات الى معدته حيث تنحل ويصبح رأس الدودة حراً فيتثبت على جدران الامعاء وتنشأ عنه دودة كهلة ، مسببة للانسان اضطرابات هضمية واضطرابات عصبية .

ويلاحظ ان هذه الحويصلات الطفيلية قد تكيفت اعضاؤها بنتيجة التطفل وضمرت الاعضاء التي اصبحت لاوظيفة لها . ففي البرغوث والقمل مثلا نلاحظ ان هذه الحشرات قد فقدت اجنحتها لاعتيادها حياة التطفل ، كما ان لواحق الفم فيها قد تكيفت مع اللدغ والمص .

ونلاحظ ايضاً ان اجهزة التغذية قد ضمرت حتىانها زالت نهائياً كما في الدودة الوحيدة التي فقدت هذه الاجهزة بكاملها ، فليس لها جهاز دوران ولا جهاز تنفس ولا جهازهضم، انما تتغذى بالحلول . ويسمى ذلك بالتردي الطفيلي .

ثانياً — التعايش :

وقد يشترك نباتان معاً ويفيد كل واحد منهماالآخر ، ويطلقعلى هذه الشركةذات المنفعة المتبادلة اسم التعايش .

ونذكر مثالاً عن النباتات المتعايشة :

١ — الحزازيات : وهي نباتات تعيش على سطوح المنازل والجدران وسوق الاشجار الرطبة — يتألف جهازها المغذي من مشرة مختلفة الاشكال ، ويكون الشريكان فيها عادة اشنية خضراء وفطراً . فاذا قطعنا قطعاً عرضياً مشرة الحزازة وفحصناها بالمجهر وجدنا انها تتألف :

(١) — من منطقة علوية تحتوي على بوغ يفيد في تكاثر الحزازة وعلى خيوط .

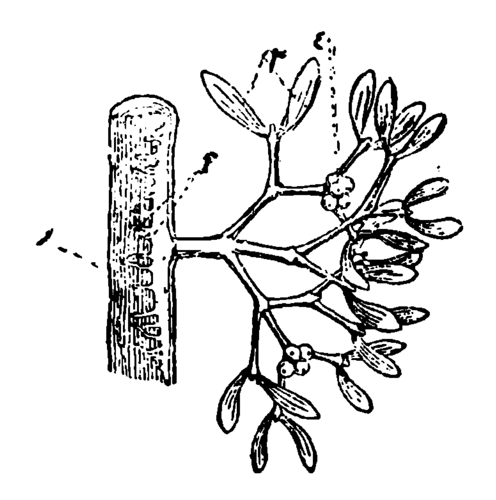
(٢) — من منطقتين قشريتين عليا وسفلى تتألفان من نسيج من الخيوط الفطرية المدعة اللون :

(٣) - من منطقة متوسطة مكونة من خلايا اشنية خضر محبوسة في عيون شبكة واسعة من الخيوط الفطرية ، وتثبت الحزازة في مكانها بواسطة الخيوط التي تمتص الماء والاملاح المعدنية . وقد امكن تركيب الحزازة تجريبياً كما يلي :

توضع قطعة من قشرة شجرة في قارورة من الزجاج وتعقم ، ثم يبذر فوقها بوغ فطر ، وتوضع الى جانبه بضع خلايا من نبات اشني فتنشأ من البوغ خيوط تحيط بالخلايا وتؤلف معها الحزازة فتحمي خيوط الفطر خلايا الاشنة من الجفاف وتقدم لها الماء والاملاح المعدنية ، وغاز الكربون الذي تطرحه اثناء تنفسها . بينما تصنع الاشنية بفضل يخضورها المواد السكرية النشوية وتقدم منها لخيوط الفطر التي لا تستطيع صنعها لخلوها من اليخضور .

٢ — العصيات الجذرية . وقد درسنا ذلك مفصلاً في بحث تغذي النباتات بالآزوت ، ورأينا هذه العصيات تتعايش مع النباتات البقلية ، بيد ان هذا التعايش يستمر مدة ثم يقف لان النبات يتغلب في النهاية على العصيات فيهضمها و يمتصها .

فالتعايش اذن تطفل جزئي يتحمله المضيف ويحتاج اليه لنموه ، ويفضي الى حالة من التوازن بين النباتين المتعايشين .



شكل (٢٤١) نبات الدبق على غصن التفاح



شكل (٢٤٢) مقطع يوضح بنية الحزازة

التنفس

يجمع الدم والبلغم مواد الكيلوس المغذية القابلة للتمثل التي هيأها الهضم ، فينقلانها من انبوبة الهضم الى خلايا البدن حيث يطرأ عليها تبدلات كيمياوية مختلفة في طليعتها الاحتراق والتحمض . ويعد هذان التفاعلان الكيمياويان ينبوع القدرة ومنشأ الحرارة في الانسان كما في الحيوانات ، ويتمان بتأثير الاكسجين الذي تستمده الخلايا من الهواء (او من الماء في الحيوانات المائية) . وتتكون في الخلايا نتيجةً للاحتراق فضلات ضارة يتحتم طرحها خارج البدن . ومن هذه الفضلات بلاماء الفحم وبخار الماء اللذان ينطرحان بنفس الطريق وفي نفس الوقت الذي يمتص فيه الاكسجين .

وقد اطلق على امتصاص الاكسجين وطرح غاز الكربون وبخار الماء اسم التنفس ويتم هذا العمل المزدوج بواسطة جهاز خاص يدعى جهاز التنفس وهو رئوي في الانسان والحيوانات البرية وغلصمي في الحيوانات المائية ، وقد يتنفس بعض هذه الحيوانات الاخيرة برئات ايضاً ، كما في الثدييات المائية ، والنباتات ايضاً تتنفس .

جهاز التنفس

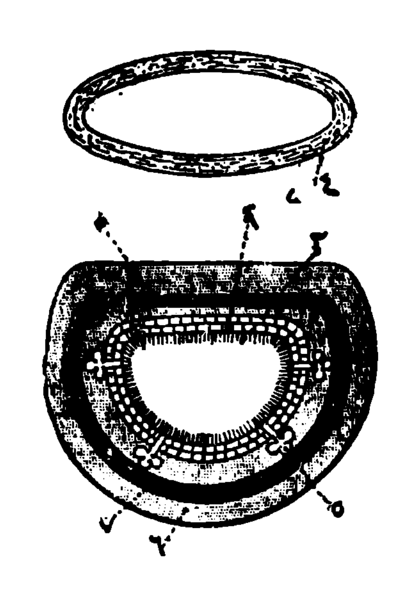
يتألف جهاز التنفس في الانسان من الطرق التنفسية والرئتين .

١ — **الطرق التنفسية** : وتشتمل على الحفرتين الانفيتين المتصلتين بالخارج بالمنخرين ، وعلى البلعوم والحنجرة ، والرغامى والقصبات .

الحنجرة : مجموعة غضاريف تقع امام البلعوم وتبرز في أعلى العنق حيث يكون اكبر غضاريفها بروزاً ظاهراً يدعى تفاحة آدم ومن غضاريفها لسان المزمار الذي يشبه الملعقة ويعلو الحنجرة فيسدها حين ينعطف عليها اثناء البلع . ويبطن الحنجرة غشاء مخاطي يلتوي مشكلاً زوجين من الحبال الصوتية علويين وسفليين ، ويضاعف الحبلين السفليين ألياف عضلية مرنة ويساهمان في اصدار الصوت . وللحنجرة جملة من العضلات المحركة تغير وضع غضاريفها وشد حبالها فيتغير تبعاً لذلك الصوت وشدته .

الرغامى : انبوب نصف اسطواني تحدبه الى الامام وطوله ١٢ — ١٦ سم يمر في الصدر أمام المري وينقسم الى قصبتين تنفذ كل منها في رئة . ويحتوي جدار الرغامى على جملة غضاريف (١٥—١٠) نصف دائرية تدعم الناحية الامامية . بينما يستعاض عنها في الخلف بألياف عضلية ملس وتبطن الرغامى أغشية مخاطية ذات بشرة مطبقة تحمل خلاياها السطحية اوبار أمهتزة في حركة دائمة من الاسفل الى الاعلى لتطرد الغبار كما تتضمن غدداً مخاطية لترطيب الهواء. اما القميص الخارجية فليفية .

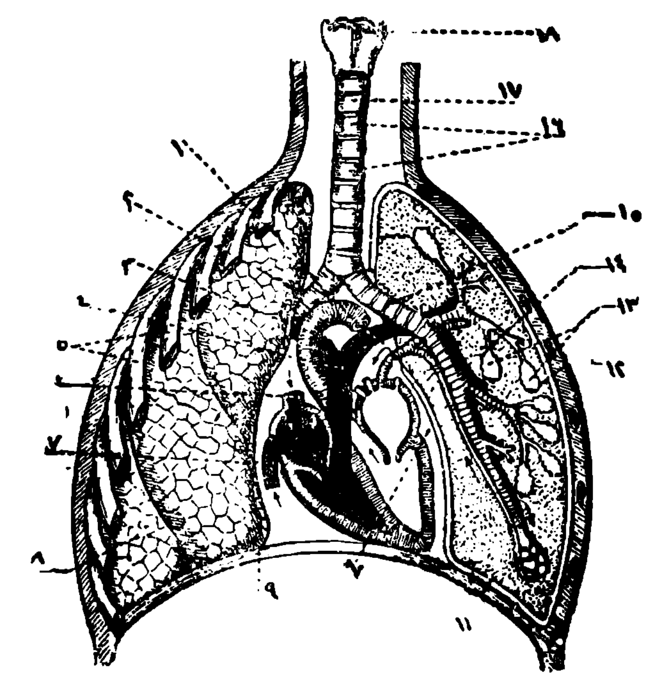
القصبات : هما قصبتان تنشآن من تفرع الرغامى ولها نفس بنيتها لكن غضاريفها دائرية.

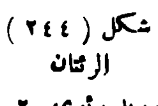


(شكل ٢٤٣)
بنية الرغامى
١ – الياف عضلية ملس
٢ – بطانة مخاطية
٣ – اهداب مهتزة
٤ – مريء
٥ – غدة مخاطية
٦ – الياف مرنة
٧ – غضروف

٢ — **الرئتان** : كتلتان مرنتان كالاسفنج تقعان في القفص الصدري ، شكل كل منها مخروطي تستند قاعدته الى الحجاب الحاجز . وهما خفيفتان تعومان في الماء . والرئة اليمنى اكبر من اليسرى ولها ثلاثة فصوص بينما للرئة اليسرى فصان فقط ، كما تتميز هذه بوجود انخماص خاص يدعى فراش القلب ولكل رئة سرة في ثلثها العلوي ، تنفذ منها القصبة والاوعية المغذية والالياف العصبية .

بنية الرئة : تتألف الرئة من مجموع تفرعات القصبات والاوعية الدموية ومن نسيج ضام يحيط بالجميع .



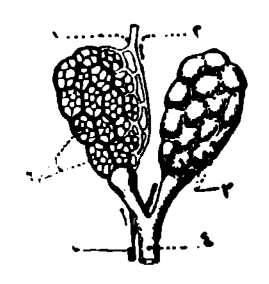


شكل (٢٤٤)
الرئتان

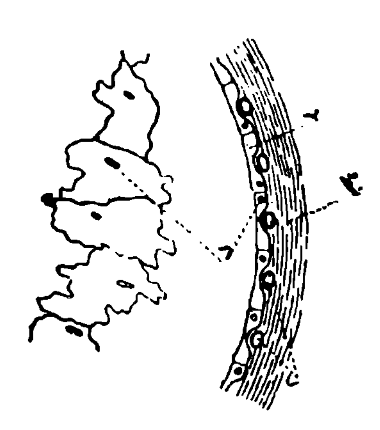
١ — وريد رئوي ٢ — نقير
٣ — وتين ٤ — شريان رئوي
٥ — اضلاع ٦ — وريد اجوف علوي ٧ — وريد اجوف سفلي
٧ — فصيص رئوي ٩ — حجاب حاجز ١٠ — فراش القلب
١١ — غشاء جنب ١٢ — حويصلات رئوية ١٣ — اسناخ ١٤ — قصيبات ١٥ — قصبة ١٦ — حلقات غضروفية ١٧ — رغامي
١٧ — حنجرة .

تفرعات القصبات : تنقسم القصبة اليمنى الى ثلاثة فروع تدعى القصيبات بينما تنقسم القصبة اليسرى الى فرعين . ثم يستمر التفرع كأغصان الشجرة فروعاً دقيقة تدريجياً حتى تنتهي الى اكياس صغيرة تدعى الحويصلات الرئوية ينقسم جوفهـا الى عدد من الاسناخ وهكذا يتسع السطح الهوائي الداخلي سعة عظمى (٢٠٠ م٢) ويجمع النسيج الضام هذه الحويصلات فيؤلف منها فصيصات ويشكل مجموع الفصيصات فصوصاً ثلاثة في الرئة اليمنى وفصين فقط في الرئة اليسرى . ولنعلم ان الغضاريف تتقطع ثم تزول حين تفرع القصيبات ، وكذلك الاهداب المهتزة . ويزول قسم كبير من الاليـاف العضلية فلا نجد في الاسناخ سوى الطبقة المخاطية وقد اصبحت رصفية يدعمها نسيج ضام مرن .

تفرعات الاوعية الدموية : يخرج الشريان الرئوي من البطين الايمن فينقسم قسمين ينفذ كل منها الى رئة من رئتيهـا . ويسير محاذياً للقصبة ويتفرع مثل تفرعهـا حتى ينتهي الى محيط الاسناخ فيشكل شبكات شعرية غزيرة حولهـا . وتبلغ سعة السطح الدموي (١٥٠ م٢) وينشأ عن اجتماع الشعريات فروع وريدية تتلاقى فتشكل وريـدين في كل رئة



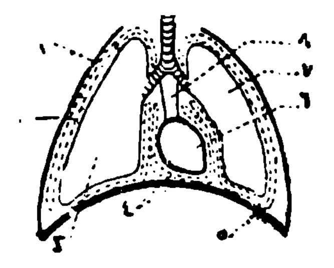
(٢٤٥) حويصلان رئويان
١ ، ٢ - وريدات رئوية ٣ - اسناخ رئوية
٤ - قصيبات ٥ - شريان رئوي ٦- شعريات رئوية



(شكل ٢٤٦) بنية سنخ رئوي
١ - نواة ٢ - اوعية شعرية ٣ - نسيج ضام
٤ - بشرة رصيفية

وتخرج الاوردة الرئوية من السرة وتصب في الاذينة اليسرى .

غشاء الجنب : يحيط بكل رئة غشاء مصلي ذو وريقتين يدعى غشاء الجنب وتلتصق احداهما على سطح الرئة وبينهما سائل الجنب الذي يسهل حركة الرئتين .



(شكل ٢٤٧) غشاء الجنب والتامور
١ - وريقة الجنب الظاهرة ٢ - وريقة الجنب الباطنة ٣، ٨- رئة ٤-تامور ٥-حجاب حاجز
٦ - قلب ٨ - وعاء

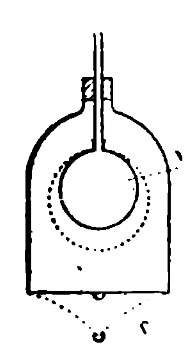
فيزيولوجيا التنفس

ندرس اولاً الحادثات الآلية التي يتم بموجبها دخول الهواء الى الرئتين وخروجه منهما ثم الحادثات الفيزياكيميائية التي تتم بموجبها المبادلات الغازية بين الهواء والدم .

١ — الحادثات الآلية

التهوية الرئوية : يتجدد هواء الرئتين باستمرار بفضل حركات التنفس المنتظمة التي تشتمل على شهيق يستدعي الهواء الى الرئتين وزفير يطرد الهواء منهما .

تجربة : لنأخذ ناقوساً زجاجياً سدت قاعدته بصفيحة من المطاط . ونسد فوهته بسدادة يجتازها انبوب يحمل كرة من المطاط (بالون) . اذا جذبنا صفيحة المطاط الى الاسفل لاحظنا ان كرة المطاط تنتفخ . واذا تركناها عادت كرة المطاط كما كانت . وتعليل ذلك أن الهواء المحصور في الناقوس يخضع لقانون ماريوط فحين نجذب صفيحة المطاط يزيد حجمه فينقص ضغطه وتتمدد جدران الكرة متسعة فتستدعي الهواء الخارجي ليملأها . ومتى عادت الصفيحة ينقص الحجم فيزداد الضغط على كرة المطاط فتفرغ قسماً من هوائها



(شكل ٢٤٧) جهاز يبين آلية التهوية الرئوية ←

١ — كرة مطاط . ٢ — صفيحة المطاط .

اذا شبهنا القفص الصدري والرئتين مع مجاريها الهوائية والحجاب الحاجز بأقسام الجهاز في التجربة السابقة وجدنا تعليلاً واضحاً لآلية الشهيق والزفير . وهكذا فحركات الرئتين تنتج من تبدل حجم القفص الصدري لا من فعل خاص بها .

الشهيق : يزيد حجم الصدر بسبب : أ — تقلص عضلة الحجاب الحاجز التي تنخفض الى الاسفل دافعة منها الاحشاء .

ب — تقلص العضلات الرافعة للأضلاع فتقومها وتدفع القفص الى الامام .

فتزداد أقطار الصدر من كافة جهاته ويخف الضغط فيه فتتمدد الرئتان وتجذبان الهواء الخارجي فيدخل اليها مقدار نصف ليتر من الهواء .

الزفير: يصغر حجم الصدر بسبب : أ ارتخاء عضلة الحجاب الحاجز التي ترتفع وتتحدب.

ب — بارتخاء العضلات الشهيقية فتهبط الاضلاع ويعود القفص الى الوراء .

فتصغر اقطار الصدر جميعاً ويزداد الضغط على الرئتين فتفرغان قسماً من هوائها بقدر نصف ليتر ايضاً .

ونسمي كمية الهواء التي تتجدد في حركة تنفسية عادية بالهواء الجاري (نصف لتر) .

تواتر الحركات التنفسية : يبلغ عدد الحركات التنفسية العادية ١٥ - ١٦/ دقيقة فتكون مدة كل حركة اربع ثوان يستغرق الشهيق ثلثها والزفير ثلثيها . ويتغير عدد الحركات

بحسب السن والجنس والقامة وحالة الجسم . ويمر تبعـــاً لذلك في الرئتين نحو عشرة آلاف لتر هواء يومياً .

الحركات التنفسية القسرية : ان الحركات التنفسية العادية لاارادية اذ لا يمكن ايقافها او تغييرها ولستطيع الارادة تغيير سعة هذه الحركات فتطيل مدتها واتساعها فتسمى حينئذ حركات قسرية .

الشهيق القسري : بالاضافة الى عوامل الشهيق العادي تتقلص عضلات اخرى في العنق والصدر ليزداد اتساع القفص الصدري زيادة هـــامة فتدخل في الرئتين كمية اضافية على الهواء الجاري تسمى الهواء المتمم وتقدر بلتر ونصف .

الزفير القسري : ترتخي سائر العضلات الشهيقية وتعمل العضلات الخافضة للأضلاع ، وعضلات البطن في انقاص حجم الصدر الى اصغر حـد ممكن فتخرج من الرئتين كمية من الهواء تقدر بـ ٣،٥ ليتر منها ١،٥ لتر تدعى الهواء الاحتياطي . ولا يمكن لاشد زفير ان يفرغ الرئتين تماماً اذ تبقى كميـــة لا تخرج ابداً بل تتجـدد وتقدر بـ ١،٥ لتر تسمى الهواء الباقي .

السعة الرئوية : تبلغ سعة الرئتين في انسان كهل خمس ليترات هي : نصف لتر جاري، لتر ونصف متمم ، لتر ونصف احتيـاطي ، لتر ونصف باقي ويطلق اسم السعة الحيوية على كمية الهواء التي تتجدد بالحركات العادية والقسرية أي ٣،٥ لتر (جاري ،متمم ،احتياطي)

الاصوات التنفسية : يحدث مرور الهواء في الرئتين صوتين خـاصين نسمعها بالاصغاء: صوتاً اولا ناعماً يرافق الشهيق وينجم عن انفتاح الاسناخ ومرور الهواء في الاقسام الضيقة من التفرعات القصبية الى الحويصلات . وصوتاً خشناً ينشأ عن مرور الهواء الزفيري من المزمار الضيق . وتبدل الحالات المرضية في هذه الاصوات فتصبح بشكل خراخر اوغطيط او صفير او نفخات . ونذكر اخيراً ان السعـال والعطاس والتثـاؤب والتنهد هي حركات تنفسية مفاجئة خاصة .

« الحادثات الفيزيا كيميائية »

وتشمل دراسة المبادلات الغازية بين الهواء والدم في الرئتين (الاستدماء) والمبادلات

بين الدم والنسج (تنفس الانسجة) وتتم هذه المبادلات وفقاً لقانوني الحلول والانفصال وقد عرفنا ماهو الحلول سابقاً . واليك قانون الانفصال :

الانفصال : ان المركبات غير الثابتة تتفكك او تعيد تركيبها بسبب تباين ضغط الغاز الواقع عليها . التجربة التالية تفسر هذا القانون :

تجربة : لنضع في اناء محلولاً من ثاني كربونات الصوديوم ولنغطيه بناقوس يجرد هواؤه من غاز الكربون ؛ فيلاحظ تحلل او تفكك ثاني الكربونات الى كربونات الصوديوم وماء وغاز الكربون ينطلق في الناقوس .ولو أدخلنا كمية زائدة من غاز الكربون في الناقوس لوجدنا من جديد تكون ثاني كربونات الصوديوم : حسب التفاعل التالي :

$$2\ CO_3\ H\ Na \rightleftharpoons Na_2\ CO_3 + CO_2 + H_2O$$

الاستدماء : ١ — يحوي هواء الاسناخ قليلاً من غاز الكربون (٥ ٪ بضغط ٤ سم زئبق) ويحوي الدم القاتم (٥,٥ — ٦ ٪ بضغط ٤,٦ سم) فحسب قوانين الحلول والانفصال يمر غاز الكربون المنحل في المصورة عبر الغشاء الرقيق . ثم تتفكك ثاني فحمات البوتاسيوم وثاني فحمات الصوديوم محررة غاز الفحم كما يتفكك فحم الخضاب .ويعتقد ان الخلايا الرئة مفرزات خاصة تفكك ثاني الفحمات وهكذا يتحرر الدم من قسم عظيم من غاز الفحم ينطلق الى هواء الاسناخ .

$$KHCO_3 + Hb.H \longrightarrow CO_2 + H_2O + Hb.K$$

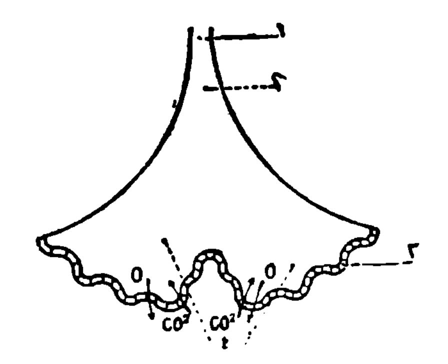
$$2\ CO_3\ H\ Na \longrightarrow CO_2 + Na_2\ CO_2 + H_2O$$

٢ — يحوي هواء الاسناخ كثيراً من مولد الحموضة (١٦ ٪ بضغط ١٢ سم زئبق) ويحوي الدم القاتم (٣ ٪ بضغط ٢,٥ سم) لذا يمر الاكسجين عبر الغشاء الرقيق من الاسناخ الى الدم فينحل في المصورة اولاً ثم يتحد بالخضاب فيكون حمض الخضاب الاحمر القاني . وهكذا يكتسب الدم مولد الحموضة وتصبح نسبة هذا الغاز ١٣ ٪ . حسب التفاعل:

$$Hb + O_2 \longrightarrow Hb\ O_2$$

لهذا يختلف تركيب هواء الشهيق عن هواء الزفير ونقول بأن الهواء بمروره على الرئتين وخروجه منها قد خسر الاوكسجين واكتسب غاز الكربون الذي يثبت وجوده حين ننفخ في رائق الكلس .

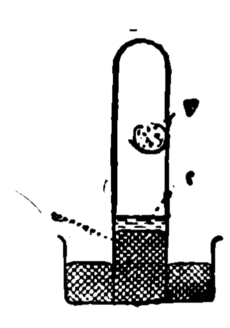
كما يختلف تركيب الدم العاتم عن الدم القاني ونقول بأن الدم بمروره على الرئتين وخروجه منها قد اكتسب مولد الحوضة وخسر غاز الكربون.



(شكل ٢٤٩)
ترسيم الجهاز التنفسي
١ - المنخران ٢ - الرغامى
٣ - بشرة رصفية متعرجة ٤ - الرئتان

تنفس الانسجة : ليس ما حصل في الرئتين سوى مظاهر حادثة التنفس اذ الغاية هي ايصال مولد الحوضة الى النسج ليتم حرق الاغذية فحادثات التنفس الحقيقية تتم في حذاء النسج التي تخلص الدم مولد الحوضة وتطرح فيه غاز الفحم الناتج عن الاحتراق .

تجربة : لنضع قطعة لحم في انبوب وننكسه على حوض فيه زئبق يعلوه قليل من رائق الكلس فنلاحظ بعد مدة تعكر رائق الكلس وارتفاع الزئبق في الانبوب مما يدل على أن قطعة اللحم قد امتصت مولد الحوضة واطلقت غاز الكربون الذي جمعه رائق الكلس ، ونجم عن ذلك فراغ استدعى ارتفاق الزئبق .



(شكل ٢٥٠)
تنفس الانسجة - تجربة بول بير
١ - زئبق ٢ - محلول البوتاس
٣ - قطعة عضلة .

تجربة : لنضع قطعة لحم في وعاء فيه دم قان ولنحركها فيه مدة فنشاهد ان الدم اصبح عاتماً لان قطعة اللحم قد امتصت قسماً من مولد حوضته وقد كررت التجارب على مختلف النسج فعرف ان النسيج العضلي هو اكثر استهلاكاً لمولد الحوضة يليه النسيج العصبي فالغدي فالعظمي . كما عرف ان العضو العامل يستهلك كمية اوفر من مولد الحوضة .

اما آلية المبادلات بين الدم والنسج فتفسر ايضاً وفق قانوني الحلول والانفصال .

فعند وصول الدم القانيء الى الشعريات حول النسج المفتقرة الى مولد الحموضة المنحل في المصورة يتفكك حمض الخضاب محرراً الاكسيجين ويصبح خضاباً مرجعاً بلون غاتم . فتستهلك النسج مولد الحموضة مباشرة في حرق الغذاء وتنتج عن الاحتراق قدرة هامة تلزم للقيام بالافعال الحيوية جميعاً . كما ينتج غاز الكربون الذي تزداد كميته تدريجياً فيمر الى الدم وينحل في المصورة أولاً ثم يتحد مع الاملاح مشكلاً فحمات وفصفو فحمات الصوديوم كما قد يتحد مع الخضاب مشكلاً فحم الخضاب .

وهكذا يخسر الدم في حذاء النسج قسماً كبيراً من مولد الحموضة ويكتسب غاز الفحم فيعود الى القلب ثم الى الرئتين ليبدأ استدماء جديد .

الاحتراقات التنفسية: نستنتج من كل ماسبق مايلي :

١ - لا يشترك الآزوت في التنفس .

٢ - لايتحول نفس الحجم من مولد الحموضة الى غاز الفحم فنحن نستنشق خمسة ليترات من مولد الحموضة بينما نزفر أربعة التار من غاز الفحم ، مع العلم ان تكوين لتر من غاز الفحم يحتاج الى لتر فقط من مولد الحموضة مما يدل ان قسماً من مولد الحموضة يستخدم لحرق عناصر اخرى غير الفحم ، والحقيقة ان في هواء الزفير كمية من بخار الماء نتجت ايضاً عن الاحتراقات التنفسية ، ونحن نطلق حوالي ٤٠٠ غ بخار ماء يومياً ، وينتج عن هذا الاحتراق كمية من الحرارة تكون منشأ للقدرة العضلية . كما تتشكل فضلات يلزم طرحها .

شدة التنفس : هي كمية مولد الحموضة المستنشق او غاز الفحم المزفور خلال زمن معين. وتتغير هذه الكمية تبعاً لحالة الجسم فتزيد حين العمل العضلي خاصة ، كما تزيد عند الاطفال فينشط التنفس ليزيد الاحتراقات التي تعوض للطفل ما يخسر من حرارته بالاشعاع .

حاصل القسمة التنفسي : هو النسبة $\frac{CO_2}{O_2}$ ولا علاقة له بشدة التنفس بل يتأثر بنوع المواد المحترقة في الخلايا حين التنفس ، فحين يقتصر الغذاء على ماءات الفحم تكون النسبة ١ حيث يستعمل مولد الحموضة لحرق الفحم فقط .

أما اذا كان الغذاء دسماً فالنسبة تهبط الى ٠٫٧ وتصبح ٠٫٨ في استهلاك الآحيات . ذلك لان قسماً من مولد الحموضة يستعمل لحرق الهيدروجين واكسدة الآزوت .

دور الخمائر في التنفس : ان حادثات الاحتراق التي تتم بالتنفس ليست تفاعلات بسيطة لأنها تتم في البدن في درجة ٣٨° فقط بينما تحتاج نفس التفاعلات الى درجات أعلى بكثير لو تمت خارج البدن . والحقيقة ان التفاعل المجمل التالي :

$$C_6 H_{12} O_6 + 6\ O_2 \longrightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2 O + \text{٦٧٥ حريرة}$$

لايمثل الا المرحلة البدائية والنهاية من سلسلة التفاعلات . اذ تتدخل خمائر مؤكسدة خاصة تحمل مولد الحموضة فتثبته على المواد القابلة للتأكسد وتسهل بذلك حدوث التفاعلات في درجة منخفضة .

وأخيراً فالتنفس الجلدي الذي تكون له أهمية كبيرة في بعض الحيوانات ، ضعيف الشأن في الانسان بسبب ضآلة سطحه بالنسبة لسطح الرئتين فبيما تنشر الرئتان ٩٠٠ غ من غاز الكربون يومياً ينشر الجلد تسعة غرامات فقط .

تنفس النباتات

تتنفس النبـــاتات كالحيوانات سواء كانت خضراء أم عديمة اليخضور ؛فهي تمتص الاكسيجين من الهواء وتطرح غاز بلاماء الفحم . ويحدث التنفس باستمرار اثناء الليل والنهار .

١ ـــ بيان الحادثة

يمكننا أن نوضح المبادلات الغازية التنفسية بسهولة باجراء التجربة التالية :

نضع في قارورة من الزجاج أعضاء نباتية حية اما مجردة من اليخضور (كتويجيات الازهار أو قطع من الجذر او من البطاطا ، او فطور الخ) واما خضراء (على ان توضع في الظلام أو تخدر) ، ثم نسد القارورة سداً محكماً ونتركها عدة ساعات . ويمكننا ان نبين انها امتصت الاكسجين وطرحت غاز الكربون كما يلي :

آ ـــ **امتصاص الاكسجين** : اذا ادخلنا في القارورة عود ثقاب مشتعل فانه ينطفىء ،

مما يدل على ان هذه الاعضاء النباتية قد امتصت اكسجين الهواء .

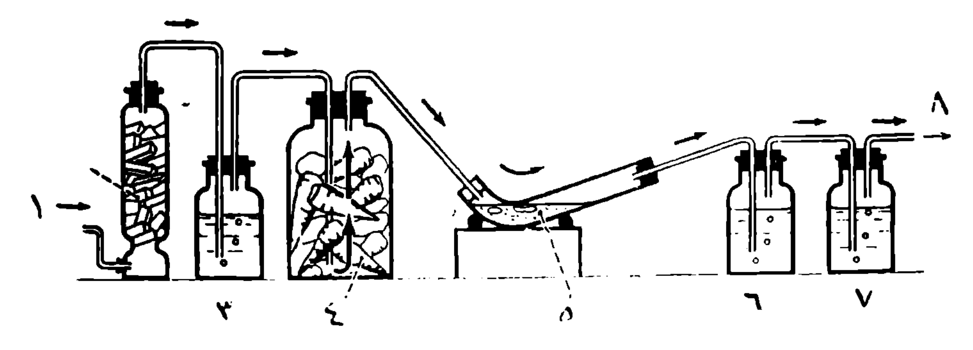
ب - **طرح غاز الكربون** : لنصب باعتناء قليلا من ماء الباريت (او ماء الكلس) داخل القارورة ، وعلى جدرانها فنراه قد تعكر . ذلك لانه قد تشكل فيها كمية كبيرة من راسب فحمات الباريوم (او الكلسيوم) الذي يكشف لنا طرح غاز الكربون من الاعضاء النباتية .

٢ - الشدة التنفسية

ان التجارب السابقة هي وصفية فقط ، ولا يمكنها ان تبين الحادثة التنفسية من الناحية الكمية (اي الشدة التنفسية) التي يمكن تقديرها بقياس كمية المبادلات الغازية التنفسية .

آ - **تعريف الشدة التنفسية** : تقاس الشدة التنفسية بكمية الاكسجين التي يمتصها مقدار وحدة الوزن من النبات الجاف في وحدة الزمن ، او تقاس بكمية غاز الكربون المنطلقة منه .

ب - **القياس** : ويستعمل لذلك عدة طرق:



شكل (٢٥١) طريقة التيار الغازي المتواصل

١ - هواء ٢ - بوتاس ٣ - القارورة الاولى ق١ ٤ - جزر .
٥ - ماء الباريت ٦ - القارورة الثانية ق٢ ٧ - القارورة الثالثة ق٣ ٨ - مضخة .

١ - **طريقة التيار الغازي المتواصل** : يوضع نبات او اعضاء نباتية ضمن قارورة (ويكون ذلك في الظلام اذا كان النبات اخضر) . وتجهز القارورة بمص مائي يستنشق الهواء منها فيسمح بمرور تيار متواصل في القارورة . ويجرد الهواء من غاز بلاماء الفحم قبل دخوله بامراره في انبوب يحتوي على بوتاس . اما الهواء الذي يخرج من القارورة

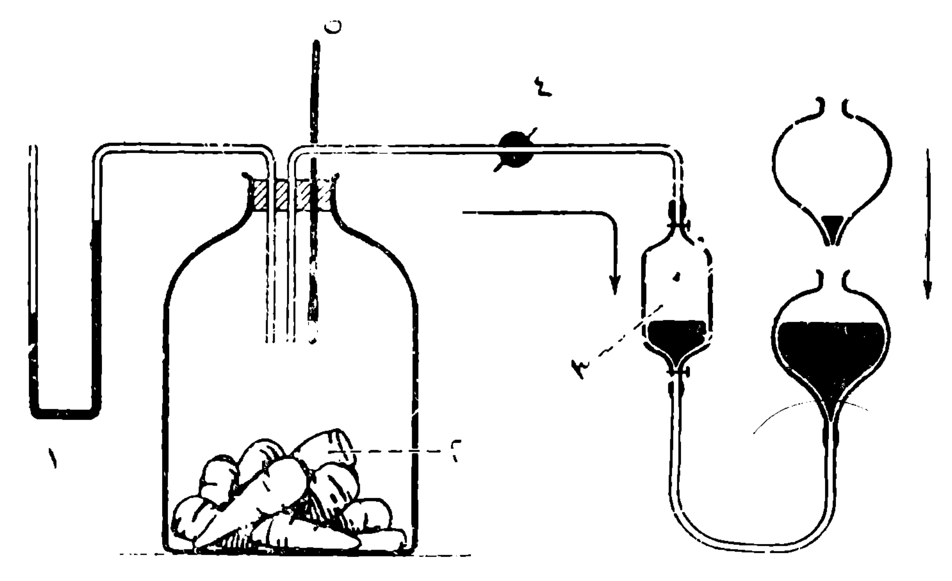
الحاوية على النبات ، فيمرر في انبوب طويل يحتوي على ماء الباريت المعاير ، وفيه يتم اتحاد غاز بلاماء الفحم — الذي يطرحه النبـــات — مع البـاريت فيتشكل راسب من فحمات الباريوم حسب المعادلة :

ماء + فحمات الباريوم ← غاز الفحم + ماء الباريت

$$Ba(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CO_3\,Ba + H_2O$$

وتنظم سرعة تيـار الهواء بشكل يتمكن معه البوتاس من تجريد الهواء من كافة غاز بلاماء الفحم الموجود فيه قبل دخوله الى القارورة - وبشكل تتوقف معه كمية CO_2 التي يطرحها النبات بكاملها بواسطة ماء البـاريت الموجود في الانبوب الطويل . وللتأكد من خلو الهواء من غاز بلاماء الفحم تماماً ، نمرره في قوارير فاحصة (ق١ ، ق٢ ، ق٣)تحتوي على ماء الباريت اذ يجب الا يتعكر ماء الباريت هذا بتأثير الهواء الذي يجتازه .

٢ - **طريقة الهواء المحصور** : اذا كان من محاسن الطريقة السابقة انها تحفظ النبات في شروطه الحيوية النظامية (ذلك لان الهواء يتجدد باستمرار) ، فانها لاتسمح الا بمعرفة كمية CO_2 المنطلقة .واما حجم الاكسجين الممتص خلال نفس الوقت فيبقى مجهولاً .



(شكل ٢٥٢) طريقة الهواء المحصور

١ - مقياس الضغط ٢ - جزر ٣ — هواء للفحص ٤ — صنبور ٥ - ميزان حرارة

أما طريقة الهواء المحصور ، فانها تساعد على قيـــاس كامل المبادلات الغازية ، وسميت بذلك ، لان النبات يتنفس في مكان مغلق ذي حجم معلوم ، وخلال زمن معين ، بدون ان يتجدد الهواء .

ويحلل الهواء قبل بدء التجربة وبعدهـــا بمعايرة غـاز بلاماء الفحم والاكسيجين في ١٠٠ سم٣ من الهواء ، تؤخذ من المكان المغلق المذكور الذي يتنفس ضمنه النبات ، بفضل جهاز اخذ الغاز الذي يتصل به ، فالنسب المئوية الناتجة تساعد على حساب كميات CO_2 و O_2 التي يحويها هذا الهواء في بداية التجربة وبعدها .والفرق الناتج يقيس المبادلات .

ويتم تحليل الغاز في الاوديوميتر Eudiomètre بواسطة البوتاس الذي يمتص غاز بلاماء الفحم باستمرار — وبواسطة بيروغالات البوتاس او الفسفور التي تمتص الاكسيجين .

ملاحظة : ان نتائج القياسات لاتكون صحيحة تماماً لان قسما من الاكسجين وغاز بلاماء الفحم ينحلان في العصارة الخلوية — لذا يعمد الى طريقة القياس في الخلاء ، فيوضع النبات في مكان مفرغ من الهواء قبل التجربة وبعدها ، فتنطلق جميع الغـازات المنحلة ، ويصبح القياس بعد ذلك مضبوطاً .

جـ — تبدلات الشدة التنفسية : تتبـدل الشدة التنفسية بتأثير عوامـل عديدة نخص بالذكر منها مايلي :

١ - **تأثير درجة الحرارة** : تزداد الشدة التنفسية بازدياد درجة الحرارة ، فهي ضعيفة في درجة الصفر وتزداد حتى تبلغ حدها الاقصى في درجة (٤٥°) فقد تتضاعف قيمتها تقريباً بارتفاع قدره (١٠°) درجات . ثم تنخفض بسرعة حتى تنعدم بين الدرجتين (٥٠—٦٠°) بنتيجة تلف الهيولى وموتها .

٢ - **تاثير العمر والدور الانباتي** : ان للشدة التنفسية في النباتات السنوية حداً أقصى في دورين : أحدهما في زمن انتاش البذرة ، والثـاني ابان الازهار . أما في النباتات المعمرة كالاشجار مثلا ، فيكون للشدة التنفسية أيضاً حدان اقصيان في كل سنة : الأول في زمن تفتح البراعم والثاني وقت الازهار .

ومن هنا نرى ان الشدة التنفسية ترتفع خلال الأدوار النشيطة من حياة النبـــات، لازدياد شدة الاحتراقات زيادة كبرى في النبات .

« وعندما يخضع النبات للجفاف ، فان الشدة التنفسية » تنقص بصورة محسوسة . وكذلك فان الشدة التنفسية في البذور الناضجة لاتذكر ، لانها فقدت كثيراً من مائها بصورة طبيعية » .

٣ - حاصل القسمة التنفسي = ح . ت .

ان حاصل القسمة التنفسي هو نسبة حجم غاز بلا ماء الفحم الذي يطرحه نبات ما الى حجم مولد الحموضة الذي يمتصه خلال فترة معينة من الزمن (ح‌ت= $\frac{CO_2}{O_2}$) كما هو الحال في الحيوانات .

وتتعلق قيمة حاصل القسمة التنفسي بطبيعة المواد التي يتم احتراقها في الخلايا النباتية (التأكسدات الخلوية) . وفي الحقيقة ليست المبادلات الغازية التي تميز التنفس الاالظاهرات الخارجية لأفعال الاحتراق التي تجري باستمرار في جميع الخلايا النباتية الحية .

فاذا كانت المادة المحترقة (المؤكسدة) من السكريات فحاصل القسمة التنفسي يساوي الواحد.واذا كانت من الشحوم يكون(٠٫٧) واما اذا كانت البروتيدات فيساوي (٠٫٨) .

وبصورة عامة يكون حاصل القسمة في الانسجة النباتية قريباً من الواحد ،مما يدل على ان مادة الاحتراق التنفسي هي بصورة اساسية من طبيعة سكرية .

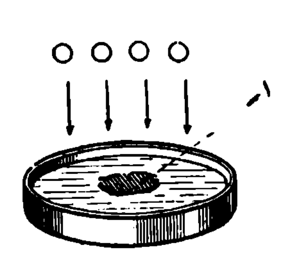
الا ان حاصل القسمة التنفسي في البذور الزيتية يساوي ٠٫٧ عندما تنتش لأنها تستعمل في التنفس المدخرات الشحمية التي تحويها . واما احتراق البروتيدات في التنفس فهو غير نظامي ، لانه لايحدث الا عندما يتجرد النبات برمته من السكريات (كما يحدث لنبات اخضر اذا بقي عدة ايام في الظلام مثلا) .

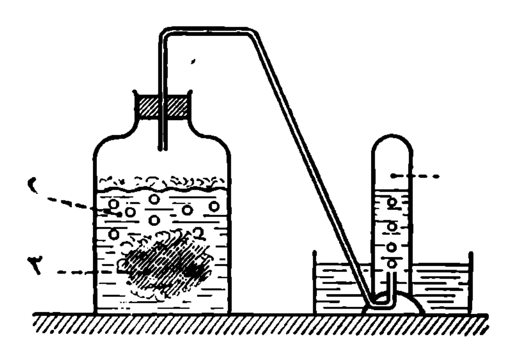
مقاومة الاختناق

التخمر الكحولي

عندما يوضع نبات في وسط خال من الاكسيجين ، فانه لايموت حالا فيما اذا توفرت السكريات في هذا الوسط ـ فهو يحلل هذه المواد بعملية التخمر ، ويستدرك القدرة التي يحتاج اليها من التفاعلات الناشرة للحرارة الناتجة عن هذا التحليل .

آ - تنفس وتخمر خميرة الجعة (البيرة) :





(شكل ٢٥٣)

(الى اليسار) : تنفس خميرة الجعة : ١ – خميرة الجعة في حالة النمو على سطح من الغلوكوز
(الى اليمين) : ٢ – محلول الغلوكوز ، ٣ – خميرة الجعة ، ٤ – CO_2 .

١ – التجوبة الاولى : تزرع خميرة الجعة (وهي فطر مجهري) على سطح محلول من سكر العنب بتماس مع الهواء فتتكاثر الخميرة بنشاط وتتنفس بصورة نظامية ، وهذا يعني انها تؤكسد سكر العنب الذي تأخذه من الوسط الموجودة فيه باكسجين الهواء .

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \longrightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O + \text{٦٧٥ حريرة}$$

ويدعى هذا النمط من الحياة الذي يتميز بتنفس نظامي «الحياة الهوائية Aérobiose» وهو نمط الحياة العادية لاغلب النباتات .

٢ – التجوبة الثانية : اذا غمرنا الخميرة داخل محلول سكر العنب في وعاء مغلق ، فلا يحدث التنفس ، ومع ذلك فان الخميرة لاتموت ، ولكنها تتكاثر ببطء .

ونلاحظ ان غاز بلا ماء الفحم ينتشر بغزارة من المحلول بينما يظهر الكحول الايتيلي في هذا المحلول ويزول سكر العنب .

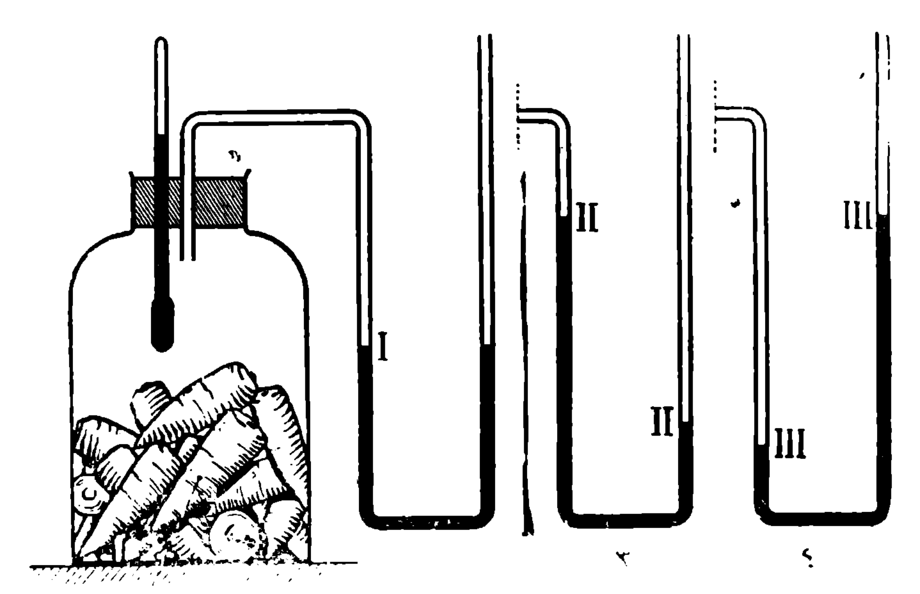
فخميرة الجعة عندما حرمت من الاكسجين حللت الغلوكوز وفق التفاعل الآتي :

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2\,C_2H_5OH + 2\,CO_2 + \text{٢٥ حريرة}$$

ذلك هو التخمر الكحولي ، فتخريب الغلوكوز هنا ليس تاماً ، ولا ينتج عنه سوى (٢٥) حريرة ، فالتخمر الكحولي يميز الحياة اللاهوائية «Anaérobiose كحياة خميرة الجعة التي تكون بمعزل عن الاكسجين» .

ب ــ **التخمر في النباتات الراقية** : وإن تكن النباتات الراقية اقل مقاومة للاختناق من الخمائر ، فانه من الممكن ان تطرأ عليها تفاعلات تخمرية حين تكون بمعزل عن الاكسجين .

تجربة : نملأ قارورة بجذور غنية بالسكريات (كالشوندر او الجزر) ونسد القارورة بسدادة يمر منها مقياس ضغط .



(شكل ٢٥٤) اختمار الجزر

I ــ التجربة في بدئها II المرحلة التنفسية (انخفاض الضغط) III ــ الاختمار (ارتفاع الضغط)

١ ــ حرارة ثابتة ٢ ــ جزر ٣ ــ تنفس ٤ ــ اختمار

في بدء التجربة نلاحظ هبوط الضغط داخل القارورة ، نتيجة للتنفس وامتصاص الاكسجين الموجود فيها ، ذلك لأن معظم كمية غاز بلاماء الفحم المنتشر قد بقيت منحلة في العصارة الفجوية ، ولم تستطع ان تعوض هذا الهبوط .

ثم يزداد الضغط في القارورة بصورة مستمرة لتراكم غاز بلاماء الفحم ، بعد ان يزول الاكسجين بكامله منها . وعندما تفتح القارورة تنتشر منها رائحة الكحول .

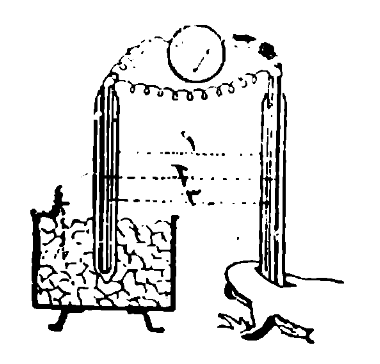
وخلاصة القول : ان الاعضاء النباتية في القارورة التي كانت بمعزل عن الاكسجين ، قد استمرت حياتها بتحويلها المادة السكرية الى كحول ، فيقال عندئذ بأنها تخمرت .

قبوب الأثمار (فرط النضج) : ينجم قبوب الثمار عن تخمرها ، وذلك لان الاكسجين ينفذ بصعوبة إلى مركز الثمرة (الكمثرى مثلا) فيبدأ التخمر في هذه المنطقة المركزية ، ويحصل نتيجة لذلك كحول واسترات تعطي للثمرة الناضجة رائحة زكية .

الحرارة الحيوانية

عرفنا ان كل خلية في الجسم هي مقر تفاعلات كيميائية ناشرة للحرارة ومولدة للطاقة. فتنشأ في الجسم هكذا حرارة تستقل عن درجة حرارة الوسط الخارجي تسمى الحرارة الحيوانية ، وهي ترتبط بالنشاط الحيوي للبدن . لذا فان جسم الثديي او الطائر يبرد بعد الموت حيث يتوقف نشاطه الحيوي .

درجة الحرارة : تقاس درجة حرارة الاعضاء بمقياس حرارة حساس يدرج بأعشار الدرجات . وان المزواج الحراري الكهربائي يسمح بمعرفة فروق في الدرجات من رتبة جزء من ألف من الدرجة . ويتألف هذا المزواج من سلكين معدنيين مختلفين كالحديد والنيكل يلتحم طرفاهما ويغمس احد الالتحامين في الثلج ويوضع الالتحام الآخر على العضو المراد قياس درجة حرارته . فاذا اغلقت الدارة بسلك نحاسي متصل بمقياس غلفاني شديد الحساسية مر تيار كهربائي في الدارة تزداد شدته كلما كانت حرارة العضو عالية .



شكل (١٥٥)
قياس درجة حرارة عضو بواسطة مسبارين حراريين كهربائيين

١ ـــ غمد من المطاط . ٢ ـــ سلك من حديد
٣ ـــ سلك من نحاس . ٤ ـــ جليد بحالة الذوبان
٥ ـــ مقياس غلفاني .

وقد دلت النتائج ان الحيوانات تترتب في قسمين كبيرين هما :

أ — الحيوانات ثابتة الحرارة : ولا تتأثر درجة حرارتها بالمحيط الخارجي وتسمى لذلك بذوات الدم الحار وتشمل الطيور والثدييات . وان درجة الحرارة الغريزية تختلف بكل نوع حيواني، فهي في الانسان ٣٦٫٥ - ٣٧٫٥° لكنها لا تكون ثابتة تماماً ، اذ تحصل فيها تبدلات يومية متعلقة بالنشاط العضلي : فالتمارين الرياضية العنيفة والاعمال المجهدة ترفع درجة الحرارة درجة واحدة ، ويلاحظ ارتفاع الدرجة ايضاً في الساعة السادسة مساء.

ب - الحيوانات متغيرة الحرارة : وترتبط درجة حرارتها بالوسط الخارجي وتسمى لذلك بذوات الدم البارد وتشمل الزواحف والضفادع والاسماك واللافقريات وتكون درجة حرارة هذه الحيوانات أعلى بقليل من درجة حرارة الوسط الذي تعيش فيه .

كما دلت القياسات التي اجريت في مناطق مختلفة من جهاز الدوران والاعضاء على النتائج التالية :

١ - دم القلب الايسر ابرد من دم القلب الايمن بـ ٠٫٢ درجة وذلك نتيجة الاستبخار الرئوي.

٢ - حرارة الدم في الشرايين ثابتة ،وتهبط في محيط الجسم (شعريات الجلد) .

٣ — تتزايد حرارة دم الوريد الاجوف السفلي من اسفل البطن حتى الحجاب الحاجز . ثم تتثبت .

٤ — الكبد اسخن عضو في البدن تبلغ درجته ٣٨٫٥ نظراً لشدة الاحتراقات فيه .

٥ — تكون الحرارة المتوسطة متساوية في مختلف الانسجة تقريباً ما عدا نسج المحيط ففيها تهبط قليلا .

٦ الاعضاء العاملة والنشيطة اسخن من الاعضاء المستريحة .

قياس كمية الحرارة المنتشرة : اذا اخضع حيوان الى حالة فيزيائية ثابتة (ثبات الوزن ودرجة الحرارة) فمن السهل قياس كمية الحرارة التي ينشرها هذا الحيوان باعتبار ان كمية الحرارة الضائعة تعادل في هذه الشروط كمية الحرارة المتولدة فيه .

اذ يخسر الحيوان حرارته بالاشعاع والنقل ، وبالاستبخار الرئوي والجلدي، وبتسخين هواء الشهيق وتسخين الاغذية البارة ، وبطرح الفضلات أما

اكتساب الحرارة فيتم عن طريق امتصاص اغذية ساخنة أو حين يخضع الى حرارة محيطية مرتفعة جداً . وقد صنعت مساعر خاصة للاشخاص بشكل غرف معزولة في درجة حرارة ثابتة ومجهزة بكل الوسائل التي تسمح بقياس كمية الحرارة المنتشرة من الجسم خلال زمن معين . فمسعر (اتواتر) يتألف من غرفة ذات جدران معزولة يجول فيها ماء بارد ضمن مشمة ذات اجنحة معدنية . ويستطيع الانسان ان يبقى في المسعر فترة من الزمن عاملاً او مستريحاً وتقاس مبادلاته التنفسية بتغيير الهواء الداخل والخارج وتقاس كمية الحرارة المنتشرة منه بمعرفة درجة الماء حين دخوله وخروجه ، كما تعين قيمة الاعمال التي يبذلها والاغذية التي يستهلكها . وتكون النتائج دقيقة اذا بقيت شروط الانسان (وزنه ودرجة حرارته) ثابتة في بدء التجربة ونهايتها .

وقد دلت النتائج على ان الانسان الكهل المستريح ينتج في يوم كامل من ٢٣٠٠ الى ٢٤٠٠ حريرة اذ يخسر ١٧٠٠ حريرة بالاشعاع والنقل و ٥٠٠ حريرة بالاستبخار الجلدي والرئوي و ١٠٠ حريرة لتسخين هواء الشهيق .

منشأ الحرارة : تحترق السكريات والدسم في خلايا الجسم فتتحول الى غاز فحم وماء . اما تخريب الآحيات فينتج بالاضافة الى ذلك مركبات آزوتية ، وتمكنت الطرق الكيميائية من معرفة ماتنتجه هذه الاحتراقات من حرارة . فغرام واحد من السكريات يعطي ٤ حريرات وغرام من الدسم يعطي ٩ حريرات بينما يعطي غرام من الآحيات ٤ حريرات فقط .

مبدأ حفظ القدرة : يمكن بقياس كمية السكريات والدسم والآحيات التي يتناولها الجسم ثم بادخال حساب الفضلات المطروحة ، معرفة مجموع القدرة الكامنة التي تصل الى الجسم عن طريق هذه الاغذية . ويشبه الجسم آلة آخذة للقدرة الكامنة ومولدة للحرارة والعمل والكهرباء . واذا بقيت الحالة الفيزيائية ثابتة عند الانسان المستريح تتحول القدرة الآلية والكهربائية الى قدرة حرارية ، ولذا يمكن القول بأن الحيوانات هي محولات للطاقة .

« التنظيم الحراري »

تملك ذوات الدم الحار جملة منظمة حساسة تمكنها من ابقاء درجة حرارتها ثابتة،

ومقاومة التغيرات الشديدة في حرارة الوسط الخارجي فمقابل الخسارة الدائمة للحرارة هناك توليد مستمر ايضاً ،بحيث تكافح هذه الجملة المنظمة ضد البرد والحر باستمرار .

١ - الكفاح ضد البرد : يتم بتنشيط التوليد ،وحفظ الحرارة من الضياع .

أ - تنشيط التوليد :

١ - تزداد الاحتراقات الداخلية ،وترتفع شدة التنفس في الوسط البارد .

٢- تفضي زيادة الاحتراقات الى زيادة الراتب الغذائي للانسان ، ويكون نصيبه من الدسم وافراً في فصل البرد .

٣ - يظهر فعل البدن تجاه البرد بصورة خاصة في العضلات ، فالارتعاش هو احد استجابات العضلات للبرد وينشأ من تقلصات قصيرة جداً وذات تواتر سريع ، وتبدو هذه التقلصات بوضوح في عضلات الفكوك (اصطكاك الاسنان) ثم في مختلف انحاء الجسم (قشعريرة ،انتفاضات) وتكون جميعها غير ارادية .

٤ - يتناقص مولد سكر العنب حيث يتجمع في خلايا الجسم ليتم احتراقه بسرعة .

ويفسر تأثير البرد على زيادة التوليد الحراري بزيادة الادرينالين الذي تفرزه الكظر بالاضافة الى فعل هرمون الدرقين الذي تفرزه الغدة الدرقية اذ لوحظ ان حقن الادرينالين في دم الانسان يرفع درجة حرارته بسرعة .

واخيراً فالقفز والركض والتمارين العضلية قادرة على احداث الدفء موقتاً لكن مايعقبها من تعب ينقص رد الفعل تجاه البرد .

ب - حفظ الحرارة : ١ - تشكل الفراء والرياش بفضل ما يتخللها من هواء طبقة عازلة هامة . وتبرد الحيوانات التي جزت اشعارها بسرعة كبيرة فمتى اشتد البرد تنتصب الاشعار مستوعبة مقداراً اكبر من الهواء . كما تكون الفراء والرياش كثيفة وغزيرة في حيوانات المناطق الباردة كما تكون بيضاء ناصعة مما يخفف من انتشار الحرارة واشعاعها .

أما الانسان فيغطي جسمه بثياب تكسبه دفئاً بقدر ما تكون مادتها عازلة وطبقات الهواء بينها متعددة . اما الحيتان والخنازير والفقمة فهي قليلة الاشعار وتلعب فيها الطبقة الشحمية الكثيفة تحت الجلد دوراً عازلاً هاماً .

٢ — ويخسر الجسم حرارته بالاشعاع بصورة تتناسب مع سعة سطحه لذا فالحيوانات تتكور بتأثير البرد وتغدو الطيور كروية تماماً كما يلم الانسان اطرافه ،وتخسر الحيوانات الصغيرة الحرارة نسبياً اكثر من الحيوانات الكبيرة لأن نسبة السطح الى الحجم قليلةفيها. لذا يجب الانتباه الى تدفئة الصغار الرضع لحمايتهم من البرد .

٣ — ينقص التعرق في الشتاء فتنقص بذلك كمية الحرارة المبذولة لتبخره .

ويفسر تأثير البرد على حفظ الحرارة بتضيق الشعريات الدموية المحيطة فيشحب الجلد وتهبط درجة الحرارة السطحية وتقل الخسارة بالاشعاع وتخف كمية الدم الوريدي العائد الى داخل البدن فلا يبرد الدم الباقي كثيراً . لكن هذا التنظيم الآلي موقت ويتوقف متى استطاع التنظيم الكيميائي ان يعادل الخسارة .

ولمقاومة البرد حدود ، فمتى زادت حدود البرد عن قدرة الانسان على التحمل ، اصيب بجمود وخدر وبطء في التنفس والدوران وقد تنتهي الاعراض بالموت .

٢ — الكفاح ضد الحر : ويقوم على زيادة الخسارة وتقليل التوليد .

أ — زيادة الخسارة : ١ — يكتسي الانسان في الفصل الحار ثياباً خفيفة فضفاضة بيضاء ، مما يسمح بحركة الهواء وزيادة التعرق وانعكاس حرارة الشمس .

٢ — يسخن الجلد من ارتفاع حرارة المحيط فتتسع اقطار الاوعية الدموية المحيطية ويحمر الجلد ، ويضيع قسم كبير من الحرارة بالاشعاع والنقل .

٣ — كلما ارتفعت حرارة الجو ازداد التعرق زيادة مطردة ، ويمتص العرق بتبخره حرارة كبيرة من الجلد فيبرد البدن وتظهر قيمة هذا العامل في الهواء الرطب فيصعب الكفاح كثيراً .

٤ — يزيد الاستبخار الرئوي فترتفع نسبة بخار الماء المنطرح في الزفير لأن الحرارة تسرع حركات التنفس ولهذا العامل أهمية خاصة عند الحيوانات قليلة التعرق كالكلاب ، إذ يرتفع تواتر الحركات التنفسية ارتفاعاً هائلاً ويتبرد جسمه نتيجة الاستبخار الرئوي .

ب - تقليل التوليد : ١ - لوحظ ان الاحتراقات تبطؤ عند سكان المناطق الحارة وتكون أقل مما هي عند سكان المناطق الباردة .

٢ ينقص الراتب الغذائي في الفصل الحار وتقل في هذا الراتب نسبة الدسم .

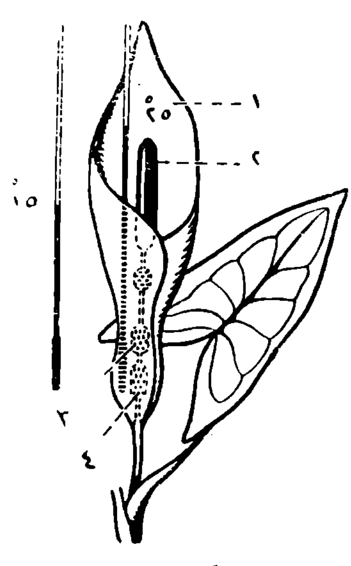
٣ - تقل التمارين العضلية وحتى ان مقوية العضلات نفسها تتناقص .
وكذلك فلمقاومة الحر حدود تتعلق بعوامل كثيرة منها رطوبة الجو وحالة التعرق الخ.

نتائج التنفس النباتي

ان التأكسدات الخلوية (الاحتراقات) تفاعلات ناشرة للحرارة. وتكون القدرة التي تحررها ضرورية لفعالية الهيولى (لصيانة حركات الهيولى الدورانية مثلاً) . ومع ذلك فالقدرة المستخدمة على هذا المنوال ، والتي تكون ضرورية أيضاً ، لا تمثل إلا جزءاً ضئيلاً من القدرة الكلية التي تحررت بنتيجة التأكسدات الخلوية . وتنطلق القدرة بكاملها تقريباً بشكل حراري .

الحرارة النباتية : يزداد انطلاق الحرارة المتواصل ، اثناء الأزهار بصورة خاصة ووقت انتاش البذور ، كما تبين لنا الحوادث التالية :

١ — ازهار نبات اللوف (الآروم Arum) وهو نبات يحمل ازهاراً مذكرة وازهاراً مؤنثة تحميها قنابة عريضة تدعى الكفرى Spathe . فأثناء نضج الازهار ، يسخن الهواء المحبوس في الكفرى بصورة محسوسة ، فقد ترتفع درجة الحرارة فيها من ٨ — ١٠ درجات عن درجة حرارة الهواء الخارجي .



(شكل ٢٥٦)
انطلاق الحرارة في ازهار زهرة اللوف
١ — كفرى . ٢ — هراوة
٣ ازهار مذكرة. ٤ - ازهار مؤنثة

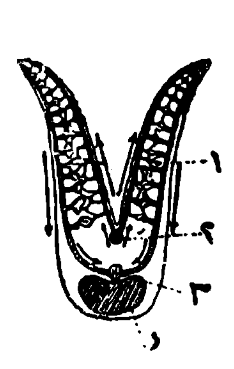
٢ — اذا وضعنا مقياس حرارة في إناء يحتوي على بذور في حالة الانتاش ، نلاحظ أنه يشير الى ارتفاع درجة الحرارة بالنسبة لمقياس آخر مغمور في إناء شاهد يحتوي على بذور عاطلة، مخدرة بالكلوروفورم . ويتراوح ارتفاع الحرارة هذا بين ٥° — ١٠° درجات :

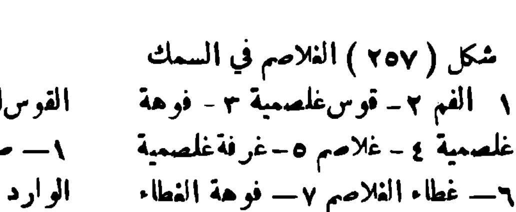
ويوافق هذان الحدان الاقصيان للحرارة النباتية ، الحدين الاقصيين للشدة التنفسية .

(جهاز التنفس في الفقاريات)

١ – جهاز التنفس في الاسماك : تتنفس الاسماك فتمتص مولد الحموضة المنحل في الماء وتطرح غاز الفحم ويتألف جهازها التنفسي من الغلاصم .

تقع الغلاصم في أجواف خاصة على يمين ويسار الرأس تدعى الغرف الغلصمية التي تتصل من جهة بالفم وتنفتح مباشرة على الوسط الخارجي بفوهات غلصمية تغطيها قطع عظمية تدعى الأغطية تنفتح وتنغلق بانتظام .





شكل (٢٥٧) الغلاصم في السمك
١ الفم ٢ - قوس غلصمية ٣ - فوهة غلصمية ٤ - غلاصم ٥ - غرفة غلصمية ٦ – غطاء الغلاصم ٧ – فوهة الغطاء ٨ – المريء .

شكل (٢٥٨)
القوس الغلصمية وتحمل غلصمة مكونة من صحيفتين
١ – صفيحة غلصمية ٢ – الشريان الغلصمي الوارد ٣ – الوريد الغلصمي الصادر ٤ – القوس الغلصمية .

فحين يرفع الغطاء نشاهد الغلاصم مؤلفة من صفيحات غشائية وريدية تستند على أربعة أزواج من الاقواس الغلصمية العظمية فتحمل كل قوس سلسلتين من هذه الصفيحات التي تتوزع فيها الأوعية الدموية الواردة والصادرة ، وتجري المبادلات الغازية بين الدم والماء عبر غشاء الغلاصم الرقيق . وهكذا يدخل الماء من الفم إلى الغرف الغلصمية فيغمر الغلاصم وتتم المبادلات التنفسية ثم يخرج من الفوهات الغلصمية الى الوسط الخارجي .
وينشأ من المعي الامامي ردب ظهري بشكل جيب غشائي يدعى الكيس السباحي يملؤه الهواء ويبقى متصلا مع المري، بقناة هوائية او يكون منفصلاً تماماً وتتشكل على سطحه

الظاهر او الباطن شعريات دموية . ويلعب الكيس السباحي دوراً توازنياً طوعياً في الماء . كما ينطوي جداره في بعض الاسماك فيشكل اسناخاً ويأخذ بنية الرئة ويلعب حينئذ دورها كما في ذوات التنفسين . ولكن وجود هذا الكيس ليس عاماً فهناك انواعاً كثيرة من الاسماك ليس لها كيس سباحي .

٢ — جهاز التنفس في الضفادع : آ — للشراغيف تنفس غلصمي بواسطة غلاصم خارجية خيطية ، ومع النمو تصبح الغلاصم داخلية ويسترها غطاء . ومع ذلك يبقى للضفدع المذنب (Protée) غلاصم خارجية طيلة حياته .

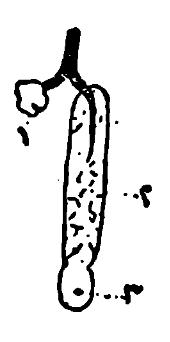


شكل (٢٥٩)
الشرغوف وغلاصمه الخارجية .
١ — غلاصم خارجية .
٢ — عين ٣ — فوهة انفية
٤ — فم .

ب — للكهول تنفس رئوي إذ يكون للحيوان رئتان لها جدار املس تقريباً او يرسل حجباً داخلية تحدد ما يشبه الاسناخ. واما الحنجرة والرغامى فيكون لها شيء من النمو في عديمات الذنب وعلى الخصوص في بعض الذكور التي تصبح فيها الحنجرة عضواً صوتياً. ويدخل الهواء بحركات تشبه البلع لفقدان الاضلاع التامة ولاتصال جوف الصدر بجوف البطن .

اما التنفس الجلدي فله هنا اهمية رئيسية ، فالجلد غني بالأوعية الدموية . ويكفي ان يفقد الجلد بالجفاف قابلية نفوذه للغازات حتى يموت الضفدع مختنقاً . وقد بين احد المؤلفين بالتجربة ان احد الضفادع يستطيع العيش عدة اشهر محروماً رئته ومتنفساً بجلده فحسب .

٣ — جهاز التنفس في الزواحف : تشتمل المجاري الهوائية على حنجرة غضروفية وعلى رغامى طويلة تتعظم بعض حلقاتها الغضروفية . وتتشعب الرغامى الى قصبتين تدخلان الرئتين وتتفرعان فيها قليلاً او كثيراً . والرئتان غير متناظرتين في الحياة إذ تكون اليسرى على الدوام اصغر من اليمنى بكثير من اليمنى بكثير واحياناً تكاد تكون معدومة . اما في التماسيح فالرئتان اسفنجيتان ومقسومتان بحجب الى عدد كبير من الجيوب .



شكل (٢٦٠)

شكل - ٢٦٠ رئتا الثعبان ١ - رئة يسرى ضامرة ٢ - رئة يمنى نامية ٣ - كيس هوائي .

٤ — جهاز التنفس في الطيور : تكون الحنجرة ضامرة وليس لها أي دور في التصويت . واما الرغامى فطويلة وتدعمها حلقات غضروفية كاملة احياناً . ويتشكل في نقطة تشعب الرغامى ولشكل القصبتين جهاز خاص يسمى عضو التغريد وينمو على الخصوص في الطيور المغردة حيث يتعقد فيها كثيراً . اما الحجاب الحاجز فضامر يكاد لايفصل الرئتين عن احشاء البطن ، ويتفرع قسم من القصبات حتى ينتهي الى الاسناخ . ويسير قسم آخر الى سطح الرئة حيث يتصل بفوهات خاصة مع اكياس هوائية تسمة هي : أربعة اكياس صدرية ، وكيسان بطنيان ، وكيسان رقبيان وكيس متوسط مفرد يدعى الكيس تحت الترقوة . كما تتصل هذه الاكياس (عدا الصدرية) بأجواف تتخلل الاحشاء والعضلات وأجواف العظام . ويعتبر للأكياس الهوائية دور هام في التهوية الرئوية كما افترض لها دور مبرد بالاضافة الى تخفيف وزن الطائر .

٥ — جهاز التنفس في الثدييات : تتنفس سائرالثدييات حتى المائية منها برئتين . لذا تظهر الثدييات المائية كالفقمة والحوت على سطح الماء بين حين وآخر لتنفس الهواء . وهي تمكث مدة كافية تحت الماء (٢٠ دقيقة) بفضل شعرياتها الدموية الكثيرة التي تختزن كميات وافرة من مولد الحموضة .



افراز الفضلات

تتولد من احتراق الاغذية في الخلايا حرارة وقدرة ، وتبقى بعد الاحتراق فضلات يتحتم اخراجها لانها سامة في اكثر الحالات ونسمي اخراج هذه الفضلات الضارة الافراغ Elimination والفضلات غازية كبلا ماء الفحم ، تطرح بالرئتين وسائله تطرح بشكل بول وعرق وصفراء بواسطة الكليتين والغدد العرقية والكبد.

افراز البول

يفرز البول ويطرح بواسطة جهاز خاص يدعى جهاز البول

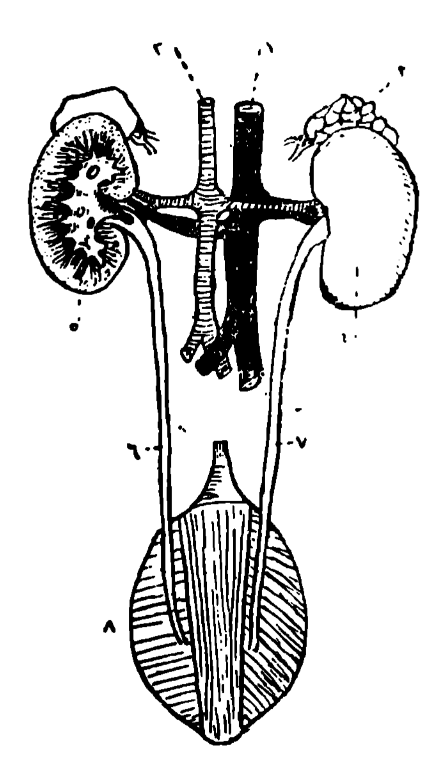
جهاز البول

يشتمل جهاز البول على عضوين مفرزين غديين هما الكليتان وتتصل كل كلية بقناة مفرغة تتسع في منشئها فتدعى الحويضة ثم تضيق فيسمى القسم الضيق منها الحالب . ويصب الحالب في قاعدة عضو عضلي غشائي يجتمع فيه البول يدعى المثانة وتتفرغ المثانة الى الخارج بواسطة قناة تدعى الاحليل .

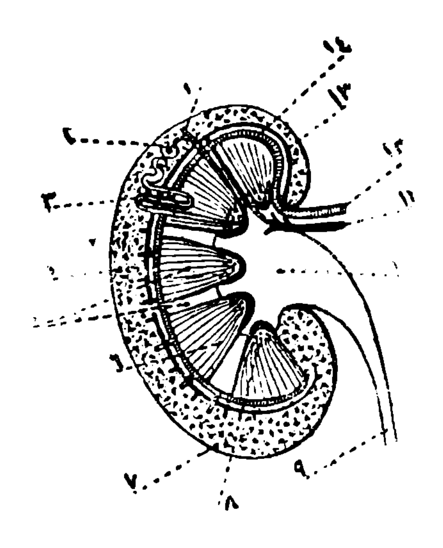
الكليتان : هما عضوان غديان لكل منها شكل حبة فاصولياء ، يقعان تحت الحجاب الحاجز الى جانب العمود الفقري على ارتفاع الفقرة الظهرية الاخيرة والفقرة القطنية الاولى تقريباً . لونها خمري مسمر . وتزن كل كلية منها ١٥٠ — ١٧٠ غراماً . وتمر وريقة الباريطون الجدارية أمامها بدون ان تغلفها لذا تجري العمليات الجراحية عليها من الظهر بدون شق البطن . والكلية اليمنى احط من الكلية اليسري بقليل لان فص الكبد الايمن يدفعها قليلا الى الاسفل . وتسكن كل كلية في مسكن ليفي يحيط بها يدعى مسكن الكلية . والحافة الانسية من الكليتين مقعرة في وسطها ثلمة كبيرة تدعى النقير (السرة) يخرج منها الحالب والوريد الكلوي ويدخل منها الشريان الكلوي . وتساعده هذه الاوعية على تثبيت الكلية في مكانها . وتشاهد على قطب الكلية العلوي غدة صماء تدعى الكظر (محفظة فوق الكلية) ترتكز عليه كالقبعة .

بنية الكلية العامة : تجربة : لنقطع كلية قطعاً قائماً ماراً بحافتها الحدبة وتقيرها ، فنشاهد محفظة ليفية تحيط بنسيج الكلية الذي يتـألف من منطقتين : منطقة قشرية حبيبية مكونة من اجتماع نقاط حمر تدعى كبات (كتلات) مالبيكي ، ومنطقة مخية السية ، حمراء ومخططة خطوطاً شعاعية وتنقسم هذه المنطقة الى اقسام هرمية قاعدتها في المحيط وذروتها نحو المركز تدعى اهرامات مالبيكي ، يبلغ عددها ١٠ — ١٢ هرماً ، وتسمى ذراها الحليمات . ونشاهد في كل ذروة من ذرى الاهرامات ١٠ — ٢٠ ثقباً تدعى المسام البولية تنفتح على جوف غشائي يتوسط الحليمات يدعى الحويضة Bassinet . وتتمادى الحويضة بالحالب .

الدوران الكلوي : يتفرع الشريان الكلوي في النقـير (السرة) الى فروع تتوزع بين



(شكل ٢٦١)
١ ـ الوريد الاجوف ٢ ـ الوتين البطني ٣ ـ الكظر ٤ ـ الكلية ٥ ـ كلية مقطوعة قطعاً قائماً ٦ و ٧ ـ الحالبان ٨ ـ المثانة (وجهها الخلفي)



(شكل ٢٦٢) الدوران في الكلية
١ ـ شريان شعاعي ٢ ـ كبة مالبيكي ٣ ـ انبوب بولي ٤ ـ المنطقة القشرية ٥ ـ المنطقة المخية ٦ ـ هرم مالبيكي ٧ ـ محفظة ضامة ٨ ـ حليمة ٩ ـ حالب ١٠ ـ حويضة ١١ ـ وريد كلوي ١٢ ـ شريان كلوي ١٣ ـ القوس الوريدية ١٤ ـ القوس الشريانية

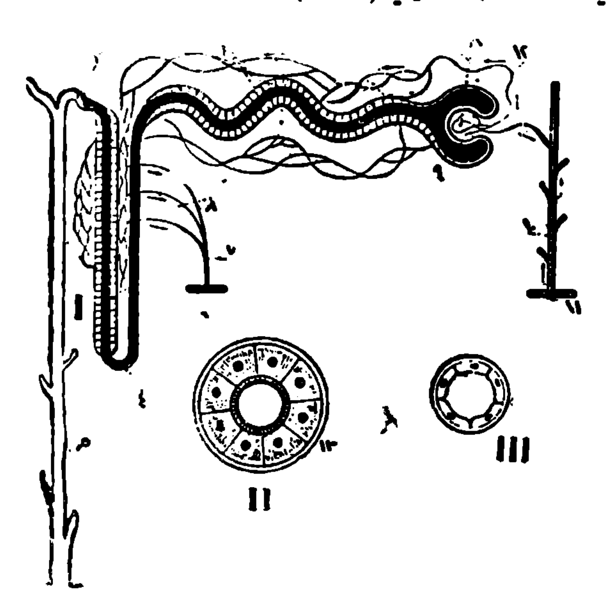
الاهرامات وتكون قوساً شريانية تفصل بين المنطقتين القشرية والمخية . وتنشأ من هذه القوس الشريانية شرايين شعاعية تدخل الى محافظ تدعى محافظ بومان وتتفرع فيها بشكل كبة تدعى كبة مالبيكي . ويبلغ عدد الكبات المليون تقريباً في كل كلية . وتتوزع الشرينات في الكبات الى شعريات شريانية ثم تتحد لتكون شرياناً صادراً من الكبة ويتفرع الشريان الصادر من جديد حول الانبوب المتعرج وحول عروة هانلة محدثاً جملة شعرية ثانية تجتمع فروعها لتكون أوردة شعاعية وتصب هذه الاوردة في قوس وريدية ترافق القوس الشريانية وتنشأ منها اوردة بين الفصوص تتحد قرب النقير لتكون الوريد الكلوي .

وهكذا يمد الدم في جملتين شعريتين : الاولى في الكبة ويكون الضغط فيها مرتفعاً والدم قانئاً ، والثانية حول الانبوب البولي وينقلب الدم القاني فيها الى دم عاتم . وتذكرنا هذه البنية (وعاء بين شعريتين) بجملة وريد الباب الكبدية لذلك اطلق على الشريان الصادر من الكبة وعلى الشعريتين (في الكبة وحول الانبوب البولي) ، اسم الجملة البابية الكلوية .

بنية الكلية المجهرية : يتألف نسيج الكلية من عدد من الانابيب تدعى الانابيب البولية تعطي للاهرامات منظرها المخطط ويحيط بها نسيج ضام .

الانبوب البولي : يتألف الانبوب البولي من الاقسام الاساسية التالية :

١ — حبابة (محفظة) منتفخة في المنطقة القشرية تدعى محفظة بومان وسكنت في تقعيرها الشبكة الشعرية الدموية التي تؤلف كبة مالبيكي (كتلة) .



(شكل ٢٦٣)

انبوب بولي ودورة الدم حوله

I بنية الانبوب البولي II مقطع الانبوب في الشعبة المتسعة من عروة هانلة III- مقطع الانبوب في الشعبة الضيقة ١- الانبوب المتعرج ٢- كبة مالبيكي «الشبكة الشعرية الاولى» ٣- القطعة الواصلة ٤- عروة هانلة ٥- قناة بليني ٦- قطعة من القوس الوريدية ٧- وريد شعاعي ٨- الشبكة الشعرية الثانية ٩- محفظة بومان ١٠- شريان شعاعي ١١- قطعة من القوس الشريانية ١٢- الوعاء الصادر من الكبة .

٢ – تتمادى الحبابة مشكلة انبوباً عريضاً متعرجاً يليه انبوب بشكل حرف u ينزل في المنطقة المخية ثم يصعد عائداً الى المنطقة القشرية وشعبته الصاعدة أوسع من الشعبة النازلة.

٣ – قناة متعرجة قصيرة جداً تدعى القطعة الواصلة تقع في المنطقة القشرية ايضاً .

٤ – انبوب مستقيم شعاعي يدعى قناة بليني ينصب فيـــه عدد من الانابيب البولية فيجمع البول منها ويسوقه الى الحويضة . والانابيب البولية كثيرة جداً وقد قدر طولهـا فيما لو وصلت ببعضها ٢٢ كيلو متراً . وتكون انابيب بلبني وعرى هانله ، المنطقة المخيـة بينما تكون الانابيب المتعرجة ومحافظ بومان والكبات المنطقة القشرية .

وتتألف جدران الانابيب البولية من طبقة واحدة من الخلايا البشرية التي يختلف شكلها بحسب المناطق فهي غدية ضخمة ذات هيولى حبيبية في الاقسام المتسعة من الانبوب (الشعبة الصاعدة من عروة هانلة والانبوب المتعرج) وهي مسطحة بسيطة ذات هيولى متجانسة في الاقسام الضيقة . وتمتص الخلايا الغدية عناصر البول من دم الشعريات التي تحيط بها .

الحويضة : هي جوف غشائي بشكل القمع يتجه قسمها المتسع نحو الكلية وقسمهـا الضيق يتمادى مع الحالب . وتسكن حصيات الكليـة غالباً في الحويضـة فتحـدث قولنجات متناوبة .

طرق الافراغ : الحالبان – هما قناتان ضيقتان طولها ٢٥ سم ، تمتدان من الحويضة حتى المثانة وتحتوي جدرانها على عضلات دائرية وعضلات طولية .

المثانة - هي جوف غشائي عضلي كروي تقريباً يجتمع فيه البول ثم يندفع منه الى الخارج بواسطة الاحليل . وتقع المثانة في اسفل الحوض وراء العانة ، وتتألف جدرانهـا من نسيج ضام فيه عدد كبيرمن الالياف العضلية الملس التي تتمدد فتساعد على توسيع المثانة ، ويبطن جوف المثانة غشاء مخاطي مطبق كتيم ويصب الحالبان مائلين في قعر المثانة بصورة لايتمكن معها البول ، عند تقلص المثانة من العودة اليها وتخرج من المثانة قنـاة الاحليل وهي مجهزة في عنق المثانة بعصرة التي لاتفتح الا حين الحاجة .

وهكذا ينصب البول قطرة قطرة في المثانة التي تتسع تدريجياً كلما تراكم البول فيها ، ومتى امتلأت تنبهت وانفتحت مصرتها وتقلصت عضلاتها ، وطرحت البول من الاحليل .

فيزيولوجيا افراز البول وافراغه

البول : هو الواسطة التي يتخلص بها الجسم من فضلاته الآزوتية ومن القسم الاكبر من فضلاته الملحية وهو سائل اصفر كهربائي رائحته خاصة ، طعمه ملح ، كثافته ١٠٠٢ وتفاعله حامض خفيف ويكون التفاعل حامضاً واضحاً في اللاحمين وقلوياً في النباتيين وتقدر كمية البول التي يطرحها الانسان وسطياً في اربع وعشرين ساعة بـ ١٢٠٠-١٥٠٠غ وتبدل هذه الكمية عوامل كثيرة وينقصها العرق .

تركيب البول : يحتوي الليتر الواحد من البول وسطياً على ٩٥٠ غراماً ماء و ٢٠ غراماً ملاحاً معدنية وثلاثين غراماً مواد عضوية .

١ — الملاح المعدنية : تتألف من ١١ غ من كلور الصوديوم و ٣ غ من الكبريتات القلوية و ٣ غ من فوصفات الصوديوم الحامضة وفوصفات الكلس وتمد الكلية اهم طريق ينطرح منها ملح الطعام واذا تراكم هذا الملح في البدن حدث الاستسقاء (ورم رخو) .

٢ — المواد العضوية : تتألف من البولة (٢٥ - ٣٠ غ في الليتر) ومن حامض البول (٠,٥ غ) وبولات الصوديوم والكالسيوم (٠,٥ غ) وحامض بول الخيل (وهو كثير في بول النباتيين) ومادة آزوتية (كره آتينين) ومن صباغ اصفر ينشأ من طرح الاصبغة الصفراوية يدعى صفراء البول .

البولة : هي مادة عضوية رمزها $CO\ (NH_2)^2$ تنشأ من تخريب المواد الآحية .

وتتميه البولة متى ترك البول بتماس الهواء مدة ، بفعل جرثوم خاص يدعى المكورة الدقيقة البولية (يوجد في الهواء بكثرة) فتنقلب الى فحمات الامنيوم وفقاً للتفاعل الآتي :

$$CO\ (NH_2)_2 + 2H_2O = CO_3\ (NH_4)^2$$

ويسمى هذا الانقلاب الاختمار الامونياكي . ثم تتحلل فحمات الامونيوم بحرارة الجو الى بلا ماء فحم وامونياك ، لذلك تنتشر رائحة الامونياك الشديدة من البول الآخذ بالتفسخ .

منشأ البولة : لقد اعتبر تكوينها وظيفة من وظائف الكبد الاساسية وأثبتت هذه الوظيفة بعدد من التجارب :

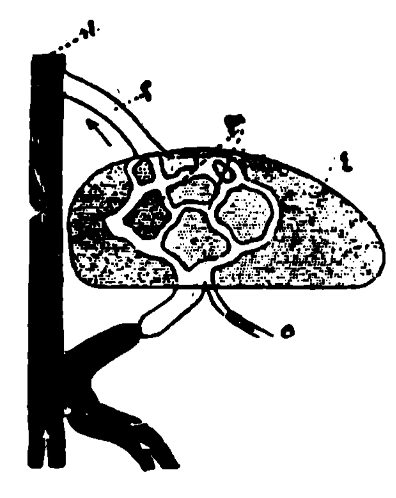
أ ـ اذا استؤصل الكبد في حيوان نقصت كمية البولة في بوله .

ب ـ يحتوي الدم في الاوردة فوق الكبد (الدم الصادر من الكبد) كمية من البولة اكبر من الكمية التي يحتويها دم وريد الباب (الدم الوارد الى الكبد) .

ج ـ تجربة ناسورايك : يربط الشريان الكبدي ووريد الباب في كلب ثم يساق الدم من وريد الباب مباشرة الى الوريد الاجوف السفلي بدون ان يمر على الكبد ، بمفاغرة وريد الباب بالاجوف السفلي فتعزل الكبد هكذا عن الدوران ويلاحظ نقص في كمية البولة في البول تعقبه اضطرابات عصبية خطرة يتلوها الموت . ويحدث الموت بالانسمام ، لظهور المركبات الامونياكية السامة في الدم .

وهكذا تحول املاح الامنياك السامة الناتجة من تخرب الآحيات الى بولة قليلة السمية لذا تعتبر وظيفة الكبد البولية في نفس الوقت وظيفة مضادة للسموم .

حامض البول : وينشأ من تخريب المواد الهيولية النووية الموجودة في بعض الاعضاء كالكبد والغدة الصعترية (التيموس) . وكثيراً مايترسب ، متى زادت كميته في البول ، في الطرق البولية فيكون بعض انواع الرمال والحصيات الكلوية او الحصيات المثانية . واذا زادت كميته في الدم ترسب في المفاصل وكون مرضاً يعرف باسم النقرس .



شكل (٢٦٤) ناسورايك
١ ـ الوريد الاجوف السفلي ٢ ـ الوريد فوق الكبد ٣ ـ الشعريات الكبدية ٤ ـ الكبد ٥ ـ الشريان الكبدي ٦ ـ وريد الباب .

صفراء البول : هي صباغ اصفر يشتق من ياقوت الصفراء ، الصباغ الصفراوي الذي تحوله جراثيم الامعاء ، فتمتص مع الكيلوس ثم تنطرح من الدم بالكليتين . واذا عرفنا ان ياقوت الصفراء نفسه ينشأ من تخريب خضاب الدم ادركنا العلاقة بين صباغات اخلاط البدن الثلاثة : خضاب الدم وياقوت الصفراء وصفراء البول التي يشتق بعضها من بعض .

سمية البول : يموت الحيوان اذا استؤصلت كليتاه او ربط حالباه ، وينشأ من موته التأثر (الانسمام بالبولة) Urémie ، اي من انحباس العناصر السامة التي كانت تنطرح مع البول ، في الدم ويقتل ارنب وزنه كغ بحقن ١٠٠ سم³ من بول الانسان فيوريده. وتعزى سمية البول لا الى البولة بل الى ملاح البوتاس والمواد الملونة .

عناصر البول المرضية : نذكر منها سكر العنب والآحين والحصيات او الرمال .

آ – سكر العنب (الغلوكوز) : متى اختلت وظيفة الكبد السكرية او متى اختل استهلاك السكر في النسج لآفة في المعثكلة تراكم السكر في الدم وانطرح مع البول ويسمى ذلك الداء السكري (ديابيت) . ويكشف وجود السكر في البول بتسخين البول السكري مع سائل فهلنك فيحدث راسب احمر آجري .

ب – الآحين : تفضي آفات الانابيب البولية الى مرور آحيات الدم منها الى البول ويسمى ذلك البول الآحيني (داء الزلال) . ويكشف وجود هذه المادة في البول بالتسخين وبحامض الخل الثلاثي الكلور .

ج – الحصيات : قد تكون بولاتية او حماضية او فصفاتية وقد تكون مزيجاً من الملاح الثلاثة .

افراز البول : توجد عناصر البول كلها في الدم وتفرزها الكليتان افرازاً ولا تصنعها صنعاً وقد اثبتت ذلك الوقائع التالية :

آ – اذا استؤصلت الكليتان او ربط الحالبان حدث الموت بالتأسر أي بتراكم عناصر البول في الدم .

ب – كمية البولة في دم الوريد الكلوي اقل منها في الشريان الكلوي ويدل ذلك على ان الكلية خلصت الدم الذي ورد اليها من قسم من بولته .

ج – يصنع القسم الاكبر من البولة في الكبد ويصنع القسم الباقي في النسج ، فانها تتراكم في النسج وفي الدم متى استؤصلت الكليتان .

فعناصر البول اذن فضلات تدفعها الاعضاء الى الدم وتفرزها منه الكليتان وتفرغها طرق البول .

آلية الافراز : يمر الدم في الكلية بتماس الانابيب البولية فتأخذ منه خلايا جدران الانابيب عناصر البول ، لطرحها في اللمعة حيث تختلط وتكون البول .

وليست اقسام الانابيب البولية كلها سواء في العمل بل لكل قسم من اقسامها وظيفة خاصة وتميز منها وظيفتان . وظيفة الكبّات ووظيفة الانابيب :

١ - رشح مصورة الدم في الكبات :

يدل تحليل البول الراشح من الكبات على أنه يتألف من نفس مركبات مصورة الدم عدا البروتيدات . فالكبة اذن نفوذة للماء والاملاح المعدنية والبولة وحمض البول وسكر العنب التي تنفذ من الكبة الى محفظة بومان .

٢ - الارتشاف الانتقائي لبعض المواد في الانابيب المتعرجة وفي عروة هانلة :

في تماس الخلايا المفرزة في الاقسام المتسعة من الانابيب البولية (الانبوب المتعرج ، الشعبة الصاعدة من عروة هانلة) يعود الماء والمواد ذات العتبة من جديد الى الدم .

وهذا الارتشاف يكون كاملاً بالنسبة لسكر العنب وجزئياً بالنسبة لكلور الصوديوم وذلك تبعاً لحد العتبة الكلوية .

دور الجملة العصبية في افراز البول : لم تعين اعصاب مفرزة خاصة بالكليتين بل تشترك الجملة العصبية المحيطية في افراز البول بصورة غير مباشرة ، بواسطة الاعصاب المحركة للأوعية ، التي تؤثر في قطر الاوعية فتزيد في ضغط الدم (بتضييق القطر) أو تنقصه (بتوسيعه) مبدلة بذلك كمية البول المفرزة . وقد وجد في قاع البطين الرابع مركز يحدث تنبهه بوالا (بولا غزيراً) تتصف بعض المواد اذا شربت مناقيعها الشاي والقهوة (كافئين) وشرش النجيل ونواصي الذرة ومعاليق (أذناب) الكرز والخ . بصفات مدرة تزيد في كمية البول .

افراغ البول : تجمع البول قنوات بليني وتسوقه الى الحويضة ثم يسوقه الحالبان الى المثانة حيث ينصب قطرة قطرة . فتمتلىء المثانة وتتسع تدريجياً ويتلق ضغط البول على جدرانها ، متى امتلأت فوهتي الحالبين . وتتفرغ المثانة بالانعكاس متى بلغت كمية البول فيها وسطياً ٥٠٠ - ٦٠٠ سم^3 فتتقلص عضلات جدرانها الملس كما تتقلص عضلات جدار

البطن التي تجاورها . وتندفع بعض القطرات الى الاحليل وتنبه حس الحاجة الى البول فتنفتح المصرة الاحليلية ويسيل البول من الاحليل . وتقاوم هذه المصرة الى حد ما انفراغ البول لتقلصها بتأثير الارادة ، ولكن تقلصات المثانة تغلبها على امرها متى اشتدت . وللبول مركز عصبي في الناحية القطنية العجزية من النخاع الشوكي .

شأن البول في البدن : يتخلص البدن بواسطة البول من فضلاته الضارة او السامة ومن ذيفانات الجراثيم احياناً . كما ينظم ضغط الدم ويسهر على حفظ تركيبه الكيمياوي من التبدل اي يجعل تركيبه الكيمياوي ثابتاً .

ابراز العرق

ينطرح قسم من الفضلات بواسطة الغدد العرقية التي تفرز العرق في ادمة الجلد .

الغدد العرقية : تتألف كل غدة عرقية من انبوب مفرغ بسيط متعرج يصل سطح الجلد بالادمة . ويتصل هذا الانبوب في الادمة بأنبوب ملتف على نفسه يدعى الكبة . وتتألف جدران الانبوب المفرغ من طبقتين من الخلايا بينما تتألف جدران الانبوب الملتف (الكبة) من طبقة خلوية واحدة خلاياها مفرزة تفرز العرق وتفرغه في الانبوب المفرغ وتنفتح الانابيب المفرغة علىسطح الجلد بفوهات دقيقة تدعى المسام تبلغ المليون عداً (بعدد الغدد) وتتوزع الغدد العرقية في الجلد بصورة غير متساوية فهي كثيرة في الجبهة والضبن (الابط) واخمص القدم وراحة اليد حيث يعد منها ٣٠٠ في السانتمتر المربع .

العرق : العرق سائل رائق لا لون له رائحتـــه كريهة طعمه ملح وتفاعله حامض خفيف . اما تركيبه فيشبه تركيب البول ولكن ماءه اكثر لذا يعتبر بولا ممدداً وفيه حموض دسمة طيارة ودسم واملاح : كلورور وكبريتات وفوصفات .

وتراوح كمية العرق في ٢٤ ساعة بين ٦٠٠ — ١٠٠٠ غرام اي ٢٠-٤٠ غراماً في الساعة وتبدل هذه الكمية عوامل كثيرة منها الحرارة ، والشرب ، ونشاط الكلية او كسلها ، والتمارين العنيفة . وافراز العرق مستمر ولكننا لانشعر به الامتى كان غزيراً.

آلية افراز العرق : تؤثر الجملة العصبية في افراز العرق تأثيراً بيناً اذ نشاهد غالباً

أثناء التعرق نشاطاً في الدوران واحمراراً وحرارة في الجلد بيد ان العرق لايقتضي حتماً توسعاً في الاوعية ونشاطاً في الدوران ، اذ يتفصد بتأثير الانفعالات والصدمات النفسية عرق غزير بارد تضيق معه اقطار الاوعية بدلاً من ان تتسع فيشحب الجلد . نستنتج من ذلك ان للعرق اعصاباً مفرزة خاصة تدعى الاعصاب المعرقة اثبتت وجودها التجربة .

التعرق فعل انعكاسي يحدثه تنبه الاعصاب الحسية في الجلد بالحرارة . والحرارة المنبهة خارجية كحرارة الجو او داخلية ، اذ ينبه ارتفاع درجة حرارة الدم غدد العرق تنبيهاً مباشراً فيحدث التعرق .

وظائف العرق : أ — يخلص العرق البدن من الفضلات كالبول ، ولكن وظيفته هذه قليلة القيمة .

ب - يلين العرق الجلد فيساعده على ضبط الاحساسات بدقة .

ج - يعد العرق عاملا اساسياً في تنظيم حرارة البدن اذ يمتص باستبخاره كمية كبيرة من حرارة الجلد .

ابراز الصفراء

تخرج الصفراء من الكبد بواسطة قناة تدعى القناة الكبدية ، ثم تجري في القناة الجامعة حتى تصل الى المفج فتنصب فيه اثناء الهضم بواسطة بجل واتر مع عصارة المعثكلة (البانكرياس) وتختزن الصفراء في فترات الراحة في الحويصل الصفراوي ويطلق على القنوات التي تجري فيها الصفراء اسم المجاري الصفراوية .

وقد رأينا ان للصفراء تأثيراً هاضماً بيد انها تعتبر في الاصل وسيلة من وسائل طرح الفضلات لانها تحتوي على كثير من المواد الشديدة السمية كأصبغة الصفراء واملاحها التي تحدث ، متى انحبست في الدم ، اصفراراً في الجلد واعراضاً سمية (**اليرقان** Ictère) .

استخراج الصفراء : تستخرج الصفراء من نواسير تفتح في مجاريها ، ويتم فتح الناسور بعملية جراحية فتنصب الصفراء الى الخارج وتجمع .

افراز الصفراء وافراغها : تفرز الكبد الصفراء باستمرار ولكن انصبابها في المفج

متقطع فتتراكم الصفراء بعد انتهاء الهضم في الحويصل الصفراوي ، ولا تنصب في المفج الا حين يبدأ الهضم المعوي من جديد . ويتفرغ الحويصل الصفراوي في الامعاء بطريق القناة الجامعة بتأثير التنبيه الذي تحدثه ملامسة الكيموس لمخاطية المفج ، وينقطع انصباب الصفراء بعد انتهاء الهضم بعشر دقائق تقريباً فلا نجد في المعاء حين الصيام شيئاً منها .

تركيب الصفراء : الصفراء سائل لزج خائط مر الطعم قلوي التفاعل لونه اصفرذهبي ينقلب الى اخضر بتعريضه الى الهواء ، ولا يتخثر بالحرارة . ويحتوي الليتر من الصفراء مواد منحلة ونذكر منها الملاح الصفراوية والاصبغة الصفراوية وشمع المرة (كولسترول)، وقليلاً من المواد المخاطية والصابون والدسم . ونصادف في الصفراء أيضاً كلور الصوديوم وكلور الكالسيوم والماغنيزيوم واثراً من الحديد .

الملاح الصفراوية : اشهرها ملحان : غليكوكولات الصوديوم وطوروكولات الصوديوم وهي مركبات آزوتية سامة تنتج عن تفكك البروتيدات .

الاصبغة الصفراوية : هي ياقوت الصفراء (البيليروبين) ذو اللون البرتقالي وزمرد الصفراء (البيلفردين) ذو اللون الاخضر ماينشأ من تحميض الصباغ السابق وتنتج الاصبغة من تفكك خضاب الدم .

شمع المرة (الكولسترول) : هو مادة غولية كحولية مجردة من الآزوت تستخرجها الكبد من الدم لتطرحها مع الصفراء ، ويعتبرها البعض فضلة من فضلات النسيج العصبي ومتى زادت كمية شمع المرة في الدم ترسب في الطرق الصفراوية بشكل رمال او حصيات تحدث اذا تحركت لتنطرح ، قولنجات كبدية مؤلمة .

سمية الصفراء : لاتحدث الصفراء اذا اخذت بطريق الفم أي انزعاج بل تنشط على عمل الكبد وتصلح انبوب الهضم اما اذا حقنت في البدن حقناً ، في الوريد او تحت الجلد ، فانها تحدث انسماماً شديداً اشد من الانسمام بحقن البول بتسع مرات .

الاطراح في الفقاريات

ان لجهاز الافراغ في الفقاريات تطوراً معقداً . فهو يتألف في الحالة الابتدائية من سلسلة قنيات متجزئة تنتهي كل منها في الداخل بصيوان مهدب ينفتح على الجوف العام ، كما تتصل

بأنبوب كلوي يتفرع عنه فرع جانبي يتسع طرفه النهائي ويشكل محفظة بومان التي تغلف كتلة وعائية تدعى كبة مالبيكي وتنصب كافة انابيب الجهة الواحدة على قناة طولية مشتركة هي الحالب الابتدائي الذي ينفتح على المقذرة .

وان تشكل الكليات لايتم في آن واحـــد فهي تظهر بالتتابع من الامام الى الوراء . ويمكن من ناحية زمن ظهورها وصورة تشكلها ان نقسمها الى ثلاث مجموعات :

الكليات الاولى : تكون قليلة العدد ولا تدوم الا في بعض الاسماك اما في عداهـا فيختفي بسرعة ،

ب ـ الكليات المتوسطة : وهي تظهر متأخرة عن الاولى زمنيـــاً وتتشكل في نقط اقرب الى المستوى المتوسط وهي تدوم طيلة الحياة في الاسماك وفي الضفادع . اما في الزواحف والطيور والثدييات فتظهر الكليات المتوسطة في الجنين وتشتغل كجهاز افراغ خلال الحياة الجنينية ، ولكن هذه الكلى تختفي وتستبدل بجملة الكلى النهائية .

حـ ـ الكليات النهائية : وهي جملة كليات تبدلت تبدلاً كبيراً . فالتجزؤ يختفي من تكاثر الانابيب الكلوية تكاثراً سريعاً غير منتظم ثم تتكثف هذه الانابيب متحدة بنسيج ضام ومشكلة في النهاية عضوين متكتلين هما الكليتان وزول فرع الانبوب الكلوي ذو الصيوان ولا يبقى له نهاية سوى كبة مالبيكي . واخيراً فالكليتان تصبان في حالب نهائي يتشكل بالتبرعم في القسم الخلفي من الحالب الابتدائي الذي لن يستخدم بعد ذلك للافراغ ولكنه يبقى مع ذلك مجرى تناسلياً .

هذا هو الترتيب العام لجهاز الافراغ في الفقاريات وندرس الآن بصورة مجملة جهـاز الافراغ في كل صف من صفوف الفقاريات :

١ ـ الاسماك : الكليتان هما عضوان احمران يميلان للسمرة وينطبقان على العمود الفقاري وهما تتألفان من جملة قنيات تصب كلها في قناة طولية هي الحالب تنتهي الى الفوهة البولية الخارجية .

٢ ـ الضفادع : الكليتان هما عضوان احمران ظهريان ، والقسم الوظيفي فيهما كما كان في الاسماك وهي كليات متوسطة . ويتفرغ البول بالحالبين اللذين ينتهيان الى المقذرة . أما

المثانة البولية فهي ردب بطني من المقذرة وليس لها علاقة مباشرة بالمجريين البوليين .

٣ — الزواحف : الكليتان عضوان احمران ظهريان تقعان على جانبي العمود الفقاري والقسم الوظيفي فيهما كما في بقية الفقاريات العليا هي كليات نهائيــة . ويتفرغ البول بالحالبين اللذين يصبان منفصلين في الجزء النهائي المستقيم الذي يشكل المقذرة . واما المثـانة البولية فموجودة في العظايا والسلاحف فقط وليس لها اتصال مباشر بالحالبين وتنفتح على الوجـه البطني من المقذرة .

٤ — الطيور : الكليتان متطاولتان جداً ، ومفصصتان ، تتوضعان على جانبي العمود الفقاري وتحتويان كما في كلية الانسان على قنيات تنتهي بمحافظ بومان المحيطة بكبب مالبيكي واما الحالبان فينفتحان على القسم النهائي من المستقيم الذي يشكل المقذرة . ولا توجد مثانة بولية . والبول ثخين جداً ويختلط بفضلات جهاز الهضم .

٥ — الثدييات : يشبه وضع جهاز البول وترتيبه ماذكرناه في الانسان . ماعدا وحيدة الثقب حيث تشبه ماذكرناه في الطيور .

طرح الفضلات النباتية

للنبات كما للحيوان فضلات ناتجة من نشاط الخلايا واحتراقات التنفس يتحتم طرحها لتتخلص الخلايا من تأثيرها الضار . بيد ان هذه الفضلات ماعدا بلا ماء الكربون لاتنطرح مباشرة خارج جسم النبات بل تتراكم في نسيج يدعى النسيج المفرز .

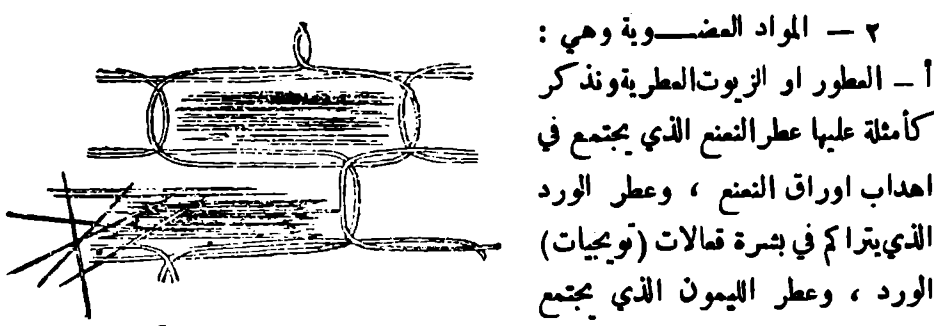
مواد الاطراح : مواد الاطراح كثيرة نصنفها في زمرتين اساسيتين : مواد معدنية ومواد عضوية :

١ — المواد المعدنية : أ — حماضات الكالسيوم : وهي مادة سامة تنشأ من التنفس وتبدو في الخلايا بشكل بلورات ثمانية الوجوه وتصادف كثيراً في اللبلاب . وقد تجتمع البلورات ، الواحدة الى جوار الاخرى كأنها حزم الابر وتشاهد بهذا الشكل في البصل .

ب — فحمات الكلسيوم : وتبدو في الخلايا بشكل كتل مبلورة محدبة تدعى الحويصلات المتحجرة Cystolithes .

٢ ــ المواد العضــــوية وهي :

أ ــ العطور او الزيوت العطرية ونذكر كأمثلة عليها عطر النعنع الذي يجتمع في اهداب اوراق النعنع ، وعطر الورد الذي يتراكم في بشرة قعالات (تويجيات) الورد ، وعطر الليمون الذي يجتمع في جيوب مفرزة في قشر الثمرة وعطر النباتات الخيمية (المظليات) الذي يجتمع في قنوات خاصة في السوق ، كما في البقدونس او في الثمار الجافة كما في اليانسون والكزبرة الخ ..

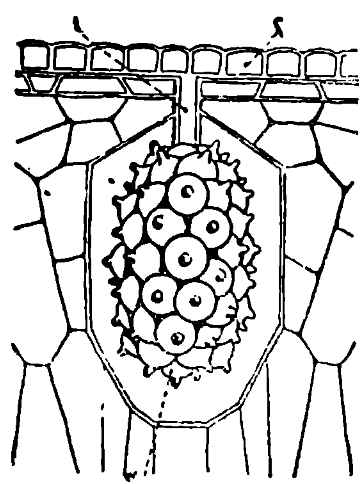


شكل (٢٦٥) بلورات حماضات الكلسيوم الابرية

ب ــ المواد الراتنجية : وهي مركبات تنشأ من تحمض العطور وتكون في الغالب ممزوجة مع العطور نفسها التي تحلها ، فتسمى حينئذ الزيوت الراتنجية العطرية كعطر التربنتي الذي تفرزه الصنوبريات والذي يتألف من مزيج التربنتين والكولوفان (مادة راتنجية) وقد تمتزج الراتنجيات مع الصموغ فتكون الصموغ الراتنجية .

ج ــ اشباه السكاكر وهي تعطي بتــــأثير الحوامض الممددة سكر عنب وجسم معتدل أو حامض ، كالعفص مثلا .

د ــ اشباه القلويات وهي مركبات آزوتية تنحل في عصارة الخلايا وتفعل فعل الاساس القلوي فيها ونذكر منها القهوئين (الكافه ئين) في القهوة ، والمورفين في الخشخاش المنوم ، والكينين في لحاء الكينكينا وقشرتهــــا ، والنيكوتين في التبغ والديجيتالين في حشيشة الكشتبان والستريكنين في الجوز المقيء و .. الخ .



شكل (٢٦٦)
حويصــــل متحجر من فحمات الكلسيوم في ورقة تين ١- عمود سللوزي ٢- بشرة ٣- الحويصل المتحجر

هـ ــ السوائل اللبنية وهي بيضاء لشبه اللبن وقد تتلون احياناً بالاحمر ، وهي مستحلتات تشاهد فيهــا حبــات متطاولة من النشاء وقطيرات دسم وسكاكر وعفص وخمائر لذا اعتبرها بعض المؤلفين مدخرات غذائية . ولنذكر ان بعضاً من هذه السوائل يستخرج ويستعمل في الصناعات استعمالات مفيدة جــــداً كالمطاط الذي يجنى من اشجار الهافيا والخ ..

الغدد الصم والحاثات (الهرمونات)

الحاثات هي مواد كيمائية ذات تأثير نوعي تفرزها الغدد الصم وتلقي بها الى الدوران لتقوم بتأثيراتها الخاصة في اعضاء معينة من الجسم . وتختلف الحاثات عن بعضها كيميائياً فبعضها ذو طبيعة هيولينية يصعب معها استخلاصه بصورة نقيـــة مما يؤدي الى الوقوع في اخطاء كثيرة لدى تحري تأثيراتها تجريبياً . ومن الملاحظ ان الحاثات تجتـاز بطانات الاوعية الشعرية لتصل الى الدوران فهي لذلك يجب ان تفرز بشكل يمكنها من هـذا الاجتياز كأن تكون مرتبطة بمواد اخرى قابلة للنفوذ ، لان الهيولينيات اطلاقاً غير حلولة (لاتمر بالحلول) والحاثات بعد قيامها بتأثيرها يجب ان تطرح او ان يبطل عملهـا (بالاكسدة غالباً) ويصعب كشف الحاثات في المفرزات بسبب ضآلة كمياتها .

وظائف الحاثات : تقوم الحاثات بالمحافظة على الوسط الداخلي والنشاط الاعاشي كما يتضح مما يلي : تشرف الحاثات على استقلاب الماء والاملاح المعدنية والمواد المتحللة بالكهرباء (المتحلكبات) وتعمل على تثبيت كميـة السكر في الدم كما تشرف على سير النمو عامة وعلى نمو الاعضاء التناسلية والعظام خاصة . وتشرف ايضاً على الارتباط الموجود بين قسمي الجهاز العصبي الاعاشي وعلى التوازن بين تأثيراتها وتأثيرات حاثات الغدد الصم الاخرى .

وفي بعض الحالات يتناسب النشاط الافرازي مع نسبة تركيز الحاثات في الدم فتنظم الغدد الصم هكذا كمية افرازها بنفسها .

ويشترط في الحاثة ان تتمتع بالصفتين التاليتين .

أ ـ ان يؤدي فقدها من الجسم (اثر مرض او استئصال جراحي) الى ظهور عوارض سريرية وفيزيولوجية معينة .

ب ـ ان يؤدي حقنها الى الجسم الذي فقدت منه الى زوال العوارض المذكورة .

تصنيف الحاثات ـ يصعب تصنيف الحاثات لشدة ارتباطها ببعضهـا وتصنف مع ذلك بصورة عامة بحسب تأثراتها الوظيفية في الفئات التالية :

أ — الحاثات التي تؤثر في استقلاب الماء والاملاح المعدنية السكريات كحاثات الغدد الدرقية ونظائرها وحاثات جزر لانغرهانس المشكلية وحاثات الغدة النخامية والغدة الكظرية .

ب — الحاثات التي تسيطر على نمو الاعضاء التناسلية ووظائفها كحاثات النخامة والكظرين .

ج — الحاثات التي تؤثر في النمو عامة وهي حاثات الدرق وحاثات نظائر الدرق التي تؤثر في نمو العظام بصورة خاصة .

ونذكر فيما يلي اهم الغدد الصم ومفرزاتها .

الغدة النخامية : هي غدة صغيرة تزن نصف غرام وتقع على الوجه العلوي للعظم الوتدي (السرج التركي) تغلفها الام الجافية وتتصل بأرض البطين الثالث الدماغي بواسطة سويق صغير . وتتألف الغدة النخامية من فصين اساسيين يختلفان عن بعضهما وظيفياً وتشريحياً .

١ — الفص الامامي او الفص الغدي : يبدو مجهرياً بشكل نسيج غدي يتألف من خلايا بشروية كبيرة تميز منها ثلاثة انواع تنظم في مجموعات مختلطة ترويها كمية كبيرة من الدم . وتدل تأثيرات خلاصات هذا الفص على وجود عدد من الحاثات فيه :

١ — حاثة تنشط النمو .

٢ — حاثة تؤثر في استقلاب السكريات وهي الحاثة المولدة لداء السكر وهي تعاكس تأثير الانسولين (مفرز المشكلة الداخلي) .

٣ — حاثة تؤثر في استقلاب الدسم وهي الحاثة المولدة للخلون .

٤ — اربع حاثات تسيطر على تطور الغدد الصم الاخرى ووظائفها (الدرق وقشر الكظر والغدد الجنسية) .

٥ — حاثة مولدة للبن وتشرف على سير الارضاع ونمو الغدد اللبنية في الثدي .

القصور النخامي — ويتجلى بنقص افراز الحاثات النخامية . فاذا حدث هذا القصور اثناء الطفولة توقف نمو الصقل ونمو المناسل وظهرت الدحدحة (قصر الطول مع بدانة

ظاهرة) ويبقى النشاط العقلي مع ذلك سليماً . واذا حدث القصور النخامي اثناء الكهولة (بسبب نخرات في الفص الامامي) ظهرت اعراض تؤلف بمجموعها داء سيموند الذي يتجلى بضمور الدرق والكظرين والمناسل مع غياب شعر البدن .

فرط النشاط النخامي وهو ازدياد في كمية الحاثات النخامية المفرزة ويحدث عادة بسبب تكون ورم غدي نخامي . فاذا حدث فرط النشاط هذا قبل البلوغ ترافق بازدياد شديد في نمو الصقل يؤدي الى العملقة . اما اذا حدث فرط بعد البلوغ فانه يؤدي الى ازدياد في نمو بعض العظام فقط (عظام الفك السفلي واليدين والقدمين) كما يؤدي الى انحناء في العمود الفقري . وتؤلف هذه الاعراض بمجموعها تناذراً خاصاً يعرف باسم ضخامة الاطراف .

ب — الفص الخلفي او الفص العصبي : وهو ينشأ من التواء في قاعدة البطين الثالث ويتغذى بكمية كبيرة من الدم تحملها اليه جملة شعرية . وتوحي التجارب والتأثيرات الدوائية لخلاصات الفص الخلفي بوجود ثلاث حاثات .

١ — حاثة الوضع وتؤثر بصورة فعالة وسريعة في تقلصات عضلة الرحم ويبدو ان هذا التأثير يكون مباشرة على الالياف العضلية دون توسط الجملة العصبية في ذلك .

٢ — حاثة مضيقة للاوعية وتؤثر في الاوعية الشعرية اذ يبدو على الشخص اثر حقنه بها شحوب واضح يترافق بهبوط في التوتر الشرياني قلما يكون محسوساً . وربما كان لها بعض التأثير في تقلص العضلات الملساء .

٣ — حاثة مضادة للادرار وتسبب زيادة في امتصاص انابيب الكلية للماء . يؤدي تلف الفص الخلفي الى بوالة وعطش شديد وهما العارضان الرئيسيان في الداء المعروف بداء السكر التفه الذي يشفى بأعطاء خلاصات الفص الخلفي .

فتأثيرات الفص الخلفي اذن تكاد تنحصر في الاشراف على الوضع وعلى تنظيم كمية الماء في البدن بتأثيرها على عضلة الرحم وعلى قابلية الامتصاص في الانابيب الكلوية .

الغدد الكظرية او الكظران : وهما غدتان صغيرتان ويستقر كل منها على قطب الكلية العلوي . ويبدو الكظر عند قطعه مؤلفاً من منطقتين : الاولى ظاهرة لونها مائل للصفرة وتسمى قشر الكظر والثانية باطنة حمراء تسمى لب الكظر (فالكظر) اذن كالغدة النخامية يتألف من قسمين يختلفان عن بعضها تشريحياً ووظيفياً .

آ — قشر الكظر : ويتألف نسيجياً من خلايا غدية مفرزة . وهو يشكل غدة قائمة

بذاتها ضرورية جداً لحياة الفرد . وقد أظهرت تأثيرات خلاصات قشر الكظر وجود عدة حاثات صنفت وظائفها في اربع فئات .

١ — الحاثات : التي تؤثر في الاستقلاب وخاصة في استقلاب السكريات وتبدو معاكسة للانسولين في التأثير .

٢ — حاثات الماء والاملاح المدنية : وتؤثر في استقلاب الكلور والصوديوم والبوتاسيوم فتحافظ على الاتزان بينها .

٣ — الحاثات الجنسية : وتسيطر على نمو الغدد الجنسية (المناسل) ووظائفها ويبدو لبعضها تأثير مذكر ولبعضها الآخر تأثير مؤنث وهي على كل حال تخضع لسيطرة الغدد النخامية

٤ — ويبدو ان هناك حاثات تسيطر على توزيع الدسم والصباغ الجلدي في البـــدن اذ يزداد هذا التوزع في قصور قشر الكظر بينما ينقص كثيراً في قصور النخامة (بسبب فقد السيطرة النخامية) .

قصور قشر الكظر : ويظهر غالباً اثر اصابة الغدة المذكورة بالسل (داء اديسون) ، ويتجلى باختلال في توازن الاملاح وفي الهضم (غثيان وقيء) وفي استقلاب السكاكر ، كما يتجلى بوهن عضلي ونقص في الوزن وهبوط في التوتر الشرياني وازدياد في اصطباغ الجلد .

فرط نشاط قشر الكظر : ويعود غالباً الى تكون ورم غدي قشري يؤدي الى ازدياد في افراز الحاثات الجنسية لذا تظهر في النساء عوارض الذبب الكظري (ظهور الاشعار في غير مكانها المعتاد) . اما في الاطفال فيحدث بلوغ مبتسر (باكر) .

ب — لب الكظر : ويتألف من مجموعة من الخلايا الكثيرة الاضلاع تفرز حاثتين هامتين (الادرينالين والنورادرينالين) وتلقي بها الى الجيوب الوريدية التي تكثر في لب الكظر

الادرينالين : تتمتع هذه الحاثة بتأثيرين اساسيين :

١ — في العضلات الملس والعضلة القلبية : تتأثر العضلات اللاارادية من الادرينالين فتتقبض الشرينات عامة وخاصة في الجلد والاحشاء ، اما في عضلات الصقل فتتسع الاوعية وينشط الدوران . كما وتتأثر من الادرينـالين عضلة القلب والحزمة الناقلة فيـه فتزداد ضرباته شدة وتواتراً ، ويرتفع التوتر الشرياني آنياً كنتيجة لهذه التأثيرات ، غير ان هذا الارتفاع يكون موقتاً . اما العضلات الملس الاخرى كالعضلات القصبية والعضلات المعوية فهي تسترخي وتتثبط تقلصاتها . على عكس عضلات المصرات التي يشتد تقلصها . وكذلك تتقلص العضلات الشعاعية في قزحية العين ومصرات المثانة وألياف الطحال .

٢ — في استقلاب السكريات : يزداد بتأثير الادرينالين انحلال الغليقوجين وتحوله الى سكر عنب (غليقوز) في كل من الكبد والعضلات ، وتزداد بذلك نسبة السكر في الدم . فالادرينالين اذن يعاكس الانسولين في التأثير .

النور أدرينالين : وهو الوسيط الكيميائي لنقل السيالة العصبية في الالياف المفرزة للادرينالين ، ويتحرر من نهايات هذه الالياف لدى تنبهها . وهو أيضاً ينبه الأعصاب الجيبية الابهرية فيبطىء القلب ، كما يحدث تقبضاً وعائياً عاماً وتوسعاً في الأوعية الاكليلية في القلب . فتأثيراته الكلية على القلب اذن أقوى من تأثيرات الادرينالين . ويستعمل النور ادرينالين للسيطرة على التوتر الشرياني أثناء العمليات الجراحية اذ ليست له تأثيرات نفسية أو استقلابية .

فرط افراز الادرينالين : ويحدث بصورة مؤقتة اثناء الانفعالات النفسية كالفرح والخوف التي تؤدي الى تنبيه ودي لخلايا لب الكظر اما افراز الادرينالين في الحالات الطبيعية فلا زال موضع جدل .

نقص افراز الادرينالين : ويحدث بسبب تلف اصاب الخلايا اللبية كما يحدث في الحيوانات اثر تجربة استئصال لب الكظر . وقد لوحظ ان هذا الاستئصال وذلك التلف لايؤديان الى عوارض ظاهرة مما يدعو الى التفكير بأن الجهاز الودي يكفي البدن حاجته من الادرينالين .

خلايا جزر لانغر هانس : وهي الخلايا التي تشاهد في المشكلة والتي تؤلف بمجموعها غدة صماء مستقلة عن بقية المشكلة ويعرف من هذه الخلايا نوعان : الاول خلايا(آ) (الفا) والثاني خلايا (ب) (بيتا) ، والخلايا الاخيرة تفرز حاثة خاصة هي الأنسولين الذي ينظم استعمال السكريات في البدن اذ يساعد على استهلاك الغليقوز في الانسجة وعلى تشكل الغليقوجين في الكبد والعضلات كما ويوقف تشكل السكريات اعتباراً من الهيولينيات.

نقص افراز الانسولين : ويكون بدرجات مختلفة الشدة وهو حالة مرضية خاصة تعرف بداء السكر الذي يتجلى بظهور السكر في البول وبعوارض أساسية ثلاثة : نهم (شدة الجوع) وسهاف (شدة العطش) وبوالة (كثرة كمية البول) . يظهر

السكر في البول لازدياد كميته في الدم عن عتبة افراغه من الكلية (زيادة سكر الدم) . ويحتاج طرح هذا الفائض من السكر الى كمية كبيرة من الماء تفسر كثرة البول وحاجة المريض الشديدة الى الشرب . ويبدأ الكبد — بسبب عدم استطاعة الجسم الاستفادة من السكريات الموجودة في الدم - بحل الغليقوجين المخزون فيه ثم لايلبث أن يبدأ (بعد نفاذ هذا المخزون) بتحويل الحوض الآمينية الى سكريات . فاذا لم يعالج المريض في الوقت المناسب ، فقد قسماً كبيراً من وزنه بسرعة واضطرب استقلاب غذائه فتتشكل في بدنه حموض عضوية لها تأثير سام يؤدي الى فقد الوعي (السبات السكري) .

فرط افراز الأنسولين : يظهر عند ازدياد نشاط خلايا لانغرهانس أو عند اعطاء كميات كبيرة من الأنسولين ، وتختلف شدة العوارض الناجمة باختلاف هذه الكميات وذلك النشاط . ويؤدي ازدياد الانسولين الى نقص كبير في كمية سكر الدم يتجلى بعوارض قد



شكل (٢٦٧)

١ - فص الدرق الايمن ٢ - فصه الايسر ٢ - برزخ الدرق ٣ - هرم لالويت ٤ - الرغامى ٥ - الوريد الاجوف العلوي ٦،٦ - الجذعان الوريديان العضديان الرأسيان الايمن والايسر ٧ ، ٧ - الوريدان الوداجيان الباطنيان الايمن والايسر ٨،٨ - السباتيان الاصليان الايمن والايسر ٩،٩ - الشريانان الدرقيان العلويان ١٠ - الشريان الدرقي السفلي ١١ - غضروف الحنجرة الدرقي ١٢ - العظم اللامي .

تكون خطرة (رجفان ووهن عضلي وتعرق وقلق نفسي) قد تؤدي في النهاية الى فقد الوعي. ويشفى المريض بسرعة عند اعطائه قطعة من السكر ومن المهم ان نذكر ان نقص السكر في الدم يؤدي بفعل انعكاسي الى تنبيه منطقة ما تحت السرير البصري (مراكز ودية) وبالتالي الى افراز الادرينالين الذي يحث على حل الغليقوجين من الكبد والعضلات ، وبالعكس فان ازدياد سكر الدم قد يكون سبباً في تنبيه المبهم لحث افراز الانسولين .

الغدة الدرقية : وتقع في القسم السفلي من العنق وتتألف من فصين (أيمن وأيسر) يستران جانبي الرغامي ومن برزخ في الامام يصل بينهما . وتتألف الغدة مجهرياً من حويصلات تبطنها طبقة واحده من خلايا بشروية مكعبة . وتمتلىء هذه الحويصلات بمادة غروية هلامية لزجة لونها مائل الى الاصفر تحوي العنصر الفعال الذي تفرزه الخلايا المذكورة ، وهو مادة كيميائية يودية تسمي التيروكسين . ويعتبر التيروكسين حاثة الغدة الدرقية ويكون في الحويصلات بشكل متحد مع الكريوين الدرقي ثم ينتقل الى الاوعية الدموية المجاورة .

وظيفتها : تشرف الغدة الدرقية على النشاط الاستقلابي في جميع الانسجة فتنظم شدته بحسب حاجة البدن . ويجب ان نلاحظ هنا ان للغدة المذكورة علاقات وثيقة مع الغدد الصم الاخرى ، اذ يبدو ان هنالك توافقاً بين عملها وبين افراز الادرينالين من لب الكظر ، بينما يبدو التيروكسين متعاكساً مع الانسولين (يغلب ان يترافق داء السكر بازدياد في نشاط الدرق) . اما تشخيص قصور الدرق فيتم بحساب درجة الاستقلاب الاساسي .

تسيطر الغدة النخامية على افراز التيروكسين بواسطة حاثة خاصة تسمى التيروتروفين وتفرز من الفص الامامي . اذ يؤدي استئصال هذا الفص الى ضمور الدرق بينما يؤدي حقن الحاثة المذكورة الى ازدياد ملموس في نشاط الغدة الدرقية يتجلى بازدياد في شدة الاستقلاب.

قصور الدرق : وهو حالة ينقص فيها افراز التيروكسين بانخفاض في درجة الاستقلاب الاساسي يتجلى ببطء في النبض والدوران وبهبوط في الحرارة . فاذا حدث هذا القصور أثناء الطفولة (الكثم) توقف نمو العظام طولا بصورة خاصة وتأخر التعظم والبلوغ ونمو الملكات العقلية . أما اذا حدث أثناء الكهولة ظهرت أعراض حالة خاصة تسمى الوذمة المخاطية وتتجلى بغلظ الجلد وجفافه وسقوط أشعاره وينقص في الاستقلاب

ودرجة الحرارة والملكات العقلية كما يتجلى بنقص في تواتر النبض الشرياني وفي القدرة على الكلام . ولشفي هذه الحالة سريعاً باعطاء التيروكسين أو خلاصات الغدة الدرقية .

فرط نشاط الدرق : يزداد في هذه الحالة افراز التيروكسين فتظهر عوارض معاكسة لتلك التي ذكرناها آنفاً : ازدياد في الاستقلاب يتجلى باسراع في ضربات القلب وحركات التنفس وبازدياد في استهلاك الاوكسجين واطراح بلا ماء الفحم والآزوت وفي نشاط الجهاز الهضمي ، كما يتجلى بقلق نفسي عام . وهنالك حالات من فرط النشـــاط الدرقي يظهر فيها بالاضافة الى الأعراض السابقة جحوظ في العينين بسبب اندفاع مقلة العين الى الامام ، كما يظهر فيها رجفان في الاصابع وازدياد في سكر الدم (يندر حـــدوث بيلة سكرية) وتعالج هذه الحالة التي تسمى السلعة الجحوظية باستئصال قسم من الدرق أو باعطاء مادة التيوراسيل . أما السلعة البسيطة فهي حالة من ضخامة الدرق لاتـترافق بأي عرض من أعراض القصور أو فرط النشاط ، وتنشأ غالبـــاً بسبب نقص مادة اليود في الغذاء لذا تعالج باعطاء الاملاح اليودية . وهناك ضخامات درقية مؤقتة تظهر أثناء البلوغ والطمث والحمل أو أثناء أي اضطراب تناسلي .

نظائر الدرق : وهي زوجان من الغديدات ، واحدة في كل جانب ، تكاد تكون مدفونة في القسم الخلفي من الغدة الدرقية ، وتتألف مجهريا من خلايا تظهر بينها أوعية شعرية وجيوب وريدية تحمل افرازها الى انحاء الجسم . وليست لنظائر الدرق أية علاقة وظيفية مع الغدة الدرقية على الرغم من ارتباطها التشريحي معها . اما الحاثة التي تفرزها فهي الباراتيرين التي تؤثر بصورة خاصة على تنظيم Ca /P فتزيد في نشاطها الذي يتجلى بتحريك امـلاح الكالسيوم من العظام ، لذا تزداد نسبة الكالسيوم في الدم ، فهي بذلك تعاكس الحيمين د في التأثير . ويقوم التعظم الطبيعي على اتزان بين تأثير هذا الحيمين وتأثير تلك الحاثة.

قصورها : يظهر خاصة أثر التوسط الجراحي عليها أو على الغدة الدرقية ويؤدي الى نقص شديد في نسبة شوارد الكالسيوم في الدم والى ازدياد مقابل في نسبة أملاح الفسفور غير العضوية ، بينما ينقص في نفس الوقت اطراح كل من الكالسيوم والفسفور ، ويؤدي نقص شوارد الكالسيوم الى ازدياد في قابلية التنبه في الاعصاب فتظهر تقلصات عضلية شديدة مؤلمة تعرف بالكزاز ،

وتغيب معظم هذه العوارض عند حقن املاح الكلس او حاثة نظائر الدرق او خلاصاتها .

فرط نشاطها : ويظهر غالباً اثر تكون ورم غدي فيها ، ويؤدي الى نقص في تكلس العظام التي تصبح هشة مشوهة معرضة للكسور العفوية كما يؤدي الى ازدياد في كلس الدم ونقص مقابل في الفسفور والى طرحها مع البول (غالباً تتشكل حصيات كلوية) .

الغدد الجنسية او التناسلية : وقد مر ذكرها مفصلا عند البحث عن التكاثر في الانسان.

الكبد غدة صماء : تلقي الكبد بقية منتجاتها كسكر العنب والبولة وحامض البول والخ ... في الدم مباشرة وقد اعتبر عدد وظائفها هنا مساوياً لعدد المواد التي تصنعها :

أولاً : الوظيفة السكرية : وهي وظيفة تحفظ بها الكبد نسبة سكر العنب في الدم ثابتة بمقدار واحد في الالف فتنتزع من سكر العنب الذي يرد اليها اثناء الهضم بوريد الباب ذرة ماء وتقلبه ، الى مولد سكر (غليكوجين) تختزنه خلاياها حتى اذا شح السكر في الدم لاحتراقه في سبيل توليد القدرة والحرارة ولانقطاع الوارد بين الطعامين اماهت هذه الخلايا مولد السكر فحولته الى سكر واطلقته في الدوران ليسد مسد السكر المحترق فالكبد اذاً :

أ — تحبس سكر العنب الوارد من الامعاء ، ان نلاحظ ان الدم في وريد الباب يحوي أثناء الامتصاص كمية كبيرة من سكر العنب بينما لا يحوي منه الدم في الاوردة فوق الكبد سوى الكمية النظامية أي ١ غ في الليتر .

ب — وتحول سكر العنب الى مولد سكر وهو مادة غير قابلة للتمثل تدخرها خلايا الكبد ويستطاع الحصول عليها بنزع كبد حيوان وغليها في ماء مضاف اليه حامض الخل لتخثير المواد الآحية ، ثم بترشيح المغلي ومعالجة الرشاحة بالغول ، فيرسب منها مولد السكر ويشبه رمز مولد السكر رمز النشاء ($C^6 H^{10} O^5$)ⁿ وينحل في الماء ويتلون بمحلول اليود اليودي ، بلون أسمر يزول بالغليان . اما خواصه الاخرى فمماثلة لخواص النشاء تماماً لهذا سماه البعض بالنشاء الحيواني .

ولنذكر بهذه المناسبة انه كان يعتقد الى وقت قريب ان مولد السكر يتكون على وكس ماآت الفحم الممتصة بشكل سكر عنب . بيد أنه تبين اليوم ان مولد السكر يتكون

ايضاً على وكس المواد الآحية والمواد الدسمة ولم يثبت بعد تكونه على وكس المواد الاخرى.

ج — وتحول مولد السكر الى سكر عنب توصله الى الدم ليحل محل السكر المستهلك وقد اثبتت هذه الخاصة بتجارب عديدة نذكر منها مايلي :

١ — اذا عايرنا كمية سكر العنب في دم وريد الباب في حيوان صائم وجدنا ان كمية سكر العنب فيه اقل منها في دم الوريد فوق الكبد .

٢ — نحصل على نتيجة مماثلة اذا حذفنا ما آت الفحم من طعام الحيوان .

٣ — تجربة الكبد المغسولة او تجربة كلود برنارد .

لستأصل كبد كلب ويربط شريانها ثم يحقن وريدها البابي بماء ملح بنسبة ٨ آلاف ، مسخن الى الدرجة ٣٨° . فيخرج الماء من الاوردة فوق الكبد وفيه في البدء سكر عنب، يكشف بكاشف فهلنك ، ويثابر على هذا الغسل حتى يزول اثر السكر من الماء الخارج تماماً . ثم توضع الكبد في محم درجته ٣٨° بضع ساعات ، ويكرر الغسل بعدها فيظهر سكر العنب في الماء الخارج من الاوردة فوق الكبد من جـــديد . يستنتج من ذلك ان الكبد صنعت سكر عنب في الفترة بين الغسلين .

تأثير الجملة العصبية في الوظيفة السكرية : تنشط الجملة العصبية تولد السكر او تنهاه : يحدث وخز ارض البطين الرابع على الخط المتوسط ، بعد ساعة من الوخز ، زيادة في سكر الدم (تقند الدم) تستمر ثلاث ساعات .

الخلاصة : اذا ورّدت التغذية كمية كبيرة من السكر الى الدم حبستها الكبد واختزنتها واذا انقطع ورود السكر بتاتاً صنعته الكبد من المواد الآحية . واذا انقطع الوارد موقتاً غذت الكبد الدم بالسكر من مخزونها . فهي بالنسبة الى سكر عنب الدم مخزون ومصروف وناظم

ثانياً : وظيفة توليد البولة وتعديل السموم : رأينا ان الكبد تصنع البولة على وكس الحوامض الامينية والملاح النشادرية حاصلات تضاد تمثل المواد الآحية ويعد افراز البولة وطرحها طرحاً للمواد السامة في نفس الوقت ، لان سمية الملاح النشادرية والحوامض الامينية اشد بكثير من سمية البولة ، فتعدل الكبد هذا السم الشديد بتحويله الى بولة تطرح مع البول . وتتجلى قدرة الكبد المعدلة للسموم ايضاً بتحويل السموم الواردة اليها

اما من الانسجة (البتومائين) او من الامعاء (محصولات التفسخ والاختمار) الى مواد غير سامة تطرحها الكليتان وتحفظ الكبد الجسم من السموم المعدنية كالنحاس والزرنيخ وتخفف وطأة سموم الافاعي والهوام وتفني بعض انواع الجراثيم ، ويفضي اتلاف الكبد الى موت سريع محقق بالانسمام .

ثالثاً : وظيفة صنع الشحوم : اذا غذيت حيوانات تغذية جيدة امتلأت كبدها بالشحوم التي تصنعها من ماءات الفحم فاذا غذيناها وزة بمواد سكرية ونشوية فقط ثم ضحيناها وجدنا كبدها مملوءة بالشحم . وقد زعم بعض المؤلفين ان الكبد تصنع الدسم من المواد الآحية ايضاً .

تخريب الشحوم : لاتلبث الشحوم المتراكمة في الكبد طويلاً بل تستهلكها الكبد او الانسجة الاخرى .

رابعاً : وظيفة توليد الليفين وعرقلة التخثر : تصنع الكبد مولد ليفين الدم فتساعد على التخثر وتصنع ايضاً مواد مضادة للتخثر فتعرقله .

خامساً : وظيفة حل الكريات الحمر وتوليدها : تتلف الكبد الكريات الحمر وتساعد على توليد اخرى بدلاً منها .

أ ـ اتلاف الكريات الحمر : عدد الكريات الحمر في الاوردة فوق الكبد أقل منه في وريد الباب . وتحيط الكريات البيض في باطن شعريات الكبد بالكريات الحمر فتتلفها وتحرر خضابها وتصنع خلايا الكبد من هذا الخضاب ياقوت الصفراء وصباغاً آخر حديدي

ب ـ تكوين الكريات الحمر : تكون الكبد كريات جديدة خاصة في الجنين بيدان الكريات المتولدة فيها أقل بكثير من التالفة .

سادساً : الوظيفة الحديدية : تثبت الكبد الحديد وتحتوي كبد الوليد على كمية من الحديد اكبر بتسع مرات مما تحويه منه كبد الكهل ويتناقص الحديد تدريجياً من البدن أثناء الحمية اللبنية لأن اللبن لايحتوي على حديد .

ولنذكر قبل انتهاء البحث ان الكبد تدخر المواد الآحية ايضاً فاذا حقنت مادة آحينية

في وداجي كلب انطرحت مع البول اما اذا حقنت في وريده البابي فان الكبد تحتفظ بها ولا يبدو في البول شيء منها .

وهكذا نلخص دراسة وظائف الكبد المختلفة بأن الكبد معمل كيمياوي حقيقي خطير لايستطيع البدن العيش بدونه ابداً .

النمو في الحيوانات والنباتات

يؤدي نمو البيضة في الحيوانات والنباتات الى جنين يصبح في آخر مرحلة من مراحل تشكله ذا تعضٍ معقدٍ مماثل لتعضي الكائن الكهل تقريباً .

فالنمو هو مرحلة في تشكل العضوية تخضع خلالها الاعضاء التي تكونت في الجنين لتوسع في الحجم ، وازدياد في الوزن .

نمو الحيوانات

يقدر نمو حيوان ما ، أما بقياس مقدار الازدياد في قامته ، وازدياد حجمه او وزنه .

أ ــ مراحل النمو : لنأخذ مثالاً على ذلك عضوية الانسان : فاننا نميز في اول الامر نمواً جنينياً سريعاً ، تتشكل أثناءه اعتباراً من البيضة التي تزن ٠,٠٠٠٥ مغ تقريباً ، عضوية ستزن وسطياً ٣ كغ وقت الولادة .

ويستمر النمو بعد الولادة ولكن بسرعة ابطأ ، انما لايكون هذا النمو منتظماً : فهو سريع خلال السنة الاولى (اذ يتضاعف وزن الرضيع في غضون اشهر السنة الاولى التي تلي الولادة) ، ثم يتباطأ النمو بعدها ، إلا أنه يبدو مع ذلك تزايداً في السنة السادسة والسنة الثالثة عشرة ، فيصل الى أوجه .

ب ـ النمو الكلي والنمو العنصري : ان مادرسناه في الفقرة السابقةهو نمو العضوية بمجموعها جملة واحدة ، لذا يدعى بالنمو الكلي Globale .

ويمكننا أن نقدر نمو مختلف أجزاء الجسم وأعضائه ، وندرس بذلك النمو العنصري Elémentaire ونلاحظ أن اجزاء الجسم لاتكبر جميعها بنفس السرعة ، فيتضاعف ارتفاع

الرأس اعتباراً من الوليد الجديد حتى الانسان الكهل ، بينما يزداد ارتفاع الجذع بمقدار ثلاثة امثاله ، ويزداد طول الاطراف العلوية بمقدار اربعة امثاله .

العوامل المنظمة للنمو

دور الهورمونات

أ — العوامل الغذائية : يجب ان تتوفر في راتب الانسانالغذائي ، المواد البروتيدية ، فاذا حرم الجسم منها فانه يهزل ويعجز عن ترميم مايتلف من انسجة ويموت .

الا انه يجب ان يكون غذاء الطفل أغنى بهذه المواد من غذاء الكهل . وخصوصاً بالحموض الآمينية الضرورية لنمو الجسم ((كالليزين) .

كما ان الجسم يتطلب راتباً غذائياً غنياً بعنصري الفوسفور والكالسيوم اللذين يدخلان في تركيب الهيكل العظمي بشكل فوسفات الكالسيوم بكمية كبيرة : على ان يكون هناك توازن بين نسبة هذين العنصرين ($\frac{Ca}{P}$ = ١،٥)

والجسم أيضاً بحاجة الى الڤيتامين A و B_2 الضروريين للنمو . والفيتامين (D) المضاد للخرع الذي يتحتم وجوده في غذاء الاطفال ، فهو يثبت الاملاح الكلسية على مادة العظمين ، كما انه يضمن بقاء التوازن بين الكالسيوم والفوسفور .

ب — العوامل الهورمونية :

تزداد جميع اعضاء الجسم طولا اثناء النمو . ولكن نمو الهيكل العظمي هو الذي يمثل النمو العام للعضوية .

وليس نمو الهيكل نتيجة لنمو النسيج العظمي نفسه ، لان خلاياه لايمكنها ان تتكاثر وانما ينجم عن نمو الانسجة المولدة للعظم فعظام الجمجمة والوجه تتشكل اعتباراً من نسيج ضام (وتدعى العظام الغشائية) ، بينما تتكون العظام الطويلة على وكس النسيج الغضروفي (وتدعى العظام الغضروفية) .

وتلعب بعض الغدد ذات الافراز الداخلي في الجسم دوراً اساسياً في نموه بما تفرزه من هورمونات ، كالغدة النخامية ، والغدة الدرقية . والهورمونات الرئيسية للنمو ، هي

هورمون النمو Somatotrope الذي يفرزه الفص الامامي للغدة النخامية ، والهورمون الدرقي . وسنشير هنا ايضاً الى عمل الغدة التناسلية والغدة الصعترية او التيموس .

١ً — دور الغدة النخامية : وهو دور رئيسي يقوم به الفص الامامي من النخامة الذي يفرز هورمونين في نمو العضوية هما : هورمون النمو ، والهورمون المنشط للغدة الدرقية Thyréostimuline .

أ — هورمون النمو Somatotrope : يؤدي وقف افراز هذا الهورمون اثناء الطفولة (سن النمو) الى مانسميه بالدحدحة النخامية وبالعكس فان زيادة افراز هذا الهرمون في هذا الدور نفسه تؤدي الى العملقة عند الاطفال اما في الكهول (حيث يتوقف النمو بصورة طبيعية) فيؤدي فرط افراز هورمون النمو الى مرض ضخامة الاطراف Acromégalie ، وهو مرض يتصف بتضخم ونمو زائد في عظام الوجه والاطراف

وينشط هورمون النمو تكاثر النسج الضامة التي تسهم في نمو عظام الجمجمة والوجه ، كما ينشط نمو غضاريف الاتصال التي تسهم في نمو العظام الطويلة ، ويعمل ايضاً في نمو الهيكل بكامله . ولذلك تبقى اجسام المصابين بالدحدحة النخامية ، متناسبة تقريباً ، لان نمو جميع اجزاء الجسم يتوقف في وقت واحد . وكذلك تكون اجسام العمالقة متناسبة للسبب نفسه . وبالعكس ففي المصابين بضخامة الاطراف Acromégalie المحرمين من غضاريف الاتصال ، فان فرط افراز هورمون النمو فيهم ، لايصحبه الا نمو الانسجة الضامة والغضروفية الدائمة عند الكهول (في الانف والاذن والاقراص الفقرية .. الخ) ..

٢ — الهورمون المنشط للغدة الدرقية Thyreostimuline : تؤثر الغدة النخامية ايضاً تأثيراً غير مباشر في النمو بافرازها الهورمون المنشط للغدة الدرقية ، الذي ينشط افراز التيروكسين (الدرقين) وهو هورمون تفرزه الغدة الدرقية ، ويلعب دوراً هاماً في النمو .

٢ً — دور الغدة الدرقية : يرافق نقص الافراز الدرقي في الاطفال الدحدحة الدرقية ، ويتصف هذا المرض بفقدان الانسجام بين اجزاء الجسم (اذ يتضخم الرأس وتبقى الاطراف قصيرة) .

فالتيروكسين يؤثر تأثيراً خفيفاً على نمو العظام الغشائية (في القحف والوجـــه) وبالعكس فهو ضروري لنمو غضاريف الاتصال . ولذلك فان نقصه يحد من نمو الاطراف دون أن يقف نمو الرأس ، فيؤدي الى مايـلاحظ من عدم التناسب في جسم المصـاب بالدحدحة الدرقية .

٣ً دور الغدد التناسلية : تحد الغدد التناسلية من النمو بمـا تفرزه من هورمونات جنسية ، وقد تبين أن الحيوانات الثدية التي استؤصلت غددها تصبح اكبر من الحيوانات المماثلة التي أبقيت فيها هذه الغدد .

٤ً ــ دور الغدة الصعترية أو التيموس : وهي كائنة أمام القصبة الهوائية وفي قاعدتها وهي نامية جداً في الثدييات الفتية ، ولكنها تضمر عندما ينتهي النمو .

ولا نزال دور هذه الغدة مبهماً ، ولم يثبت حتى الآن وجود هورمون تفرزه هذه الغدة.

النمو في النباتات

آ ــ النمو المستمر في النباتات :

رأينا ان نمو الحيوان محدود ، ولايحدث الا في فترة معينة من حياته ، ويختلف ذلك في النباتات ، لان السوق والجذور يستمر نموها طوال حياة النبـات . وينتج ذلك عن بقاء النسج المضغية والنسج المولدة في نهاية السوق ، وقرب نهاية الجذور .

فالساق تنمو طولاً خلال زمنين منفصلين :

١ ــ تنمو السوق الابتدائية (المضغية) داخل البرعم ، وينتج هذا النمو عن نشاط النقطة الاعاشية الموجودة في نهاية الساق ، وتكاثر الخلايا الابتدائية فيها.فهو «نمو انتهائي »

٢ ــ تكبر الساق الابتدائية عندما تتفتح البراعم ، بتطاول المسافات العقدية ،ويدعى ذلك « النمو المتوسط » . ثم لاتلبث ان تتساوى المسافات العقدية الكائنة في اسفل الساق. بينما تبقى المسافات القريبة من القمة ضيقة ، وفي طريق النمو . ويحدث النمو المتوسط غالباً في المنطقة الكائنة تحت القمة بقليل بتطاول الخلايا اثناء تمايزها .

أما نمو الجذر طولاً :

فيتم بفضل انقسام خلايا المنطقة الاعاشيـة ، وتمايز الخـلايا الابتدائية تدريجياً ، كلما بعدت عن هذه المنطقة . وتكون أنسجة النمو في الجذر اقصر مما هي عليه في الساق ، وتوضح التجربة التالية ذلك :

يؤخذ جذر فتي وترسم عليه بالحبر الصيني ابتداءً من الذروة ، خطوط متساوية البعد يبعد كل منها عن الآخر بمسافة تساوي المليمتر . فيلاحظ بعد بضعة ايام ان المليمترين الثالث والرابع اعتباراً من القلنسوة قد استطالا كثيراً « منطقة النمو » . امـا المليمتر الاول الذي يطابق القلنسوة فلم يتبدل طوله تقريباً .

ا

شكل (٢٦٨ب)
نمو الجذر طولاً

ونلاحظ ان النمو يتناقص تدريجياً اعتباراً من المليمتر الرابع حتى ينعدم تماماً في نهاية المليمتر العاشر .

فنمو الجذر اذن يتمركز في السانتيمتر النهائي .

الا ان نمو الاوراق محدود ، حتى في الانواع النباتيـة ذات الاوراق الدائمـة ، فالاوراق فيها تحافظ على قدها طوال مدة بقائها .

ويجب ان نشير هنا ، الى ان نمو الجذور والسوق في النباتات العليـا يصحبـة نمو مستمر ايضاً .

ب — النمو الكلي والنمو العنصري :

لنلاحظ مثلاً شجرة ما ، نرى ان ساقها الاصلية تحمل اغصاناً جانبية ، وهذه تتفرع بدورها الى غصينات اصغر . فلكل من الساق الاصلية والاغصان الجانبية والغصينـات ، سرعته الخاصة في النمو .

في شجرة الحور تنمو الساق الاصلية بسرعة اكثر من سرعة نمو الاغصان الجانبية ، فتغدو بنتيجة ذلك الشجرة متطاولة . وبالعكس تنمو في شجرة التفـاح الساق الاصليـة

والاغصان ايضاً بسرعة ، فتشكل الاغصان كتلة مدورة تجعل من شجرة التفاح شجرة كروية .

وبالاختصار ، فالنمو العنصري يعطي للنبات هيئته الخاصة المميزة ، فهيئة اشجار السرو، او الصنوبر البحري مثلاً ، هي التي تساعدنا على معرفة هذه الاشجار عن بعد .

وهناك عوامل اخرى تتدخل ايضاً في اعطاء النبات هيئته (كميل الاغصان ، ونمط تفرعها الخ ...) ولكن النمو العنصري فيها يلعب دائماً دوراً هاماً .

دور الهورمونات في نمو النباتات :

شكل (٢٦٩)
كوليوبتيل
١ — جذور
٢ — لحافة
٣ — فلقة
٤ — سويداء
٥ - الورقة الاولى
٦ — كوليوبتيل

يتطلب نمو النباتات وجود الاغذية في الوسط الانباتي ، وينتج النمو في النباتات بعد ان تكون قد اخذت حاجتها من الغذاء بفضل هورمونات النمو النباتية . التي تدعى ايضاً الرسل او الحاثات النباتية Auxines .

١ — بيان وجود الهورمونات النباتية : عندما تنتش بذرة الحبوب ، كالشوفان مثلاً

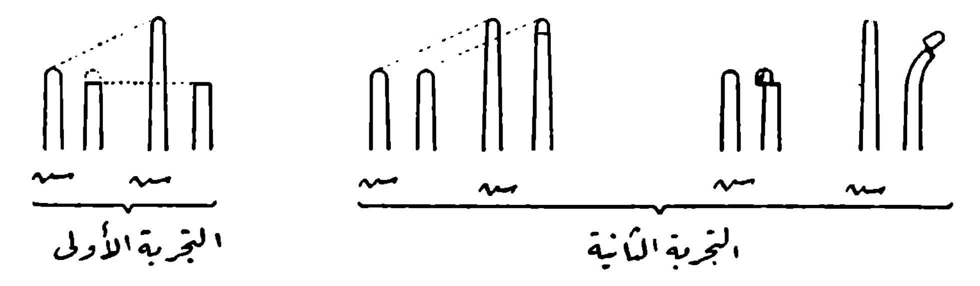
تكون الاوراق الفتية اثناء الايام الاولى من نموها ، مغلفة بأنبوب ابيض نهايته مغلقة يدعى الكوليوبتيل Coléoptile . وبعد ذلك تتمزق ذروته وتخرج منه الاوراق .

ينمو كوليوبتيل الشوفان بسرعة وفق خط مستقيم ، ولذلك انتقي كنموذج لدراسة النمو ، واجريت عليه التجارب التالية :

التجربة الاولى : لنقطع ذروة كوليوبتيل الشوفان ولنقارنه مع نبتة شاهدة لم يحدث بها قطع ، فنلاحظ بأن النمو يتوقف في الكوليوبتيل المقطوع .

فذروة الكوليوبتيل ضرورية للنمو .

التجربة الثانية : اذا اعدنا الذروة بعد قطعها الى مكانها ، نرى ان النمو يستمر كما في النبتة الشاهدة . اما اذا اعدنا الذروة بحيث لاتنطبق الا على قسم من المقطع ، نلاحظ ان الكوليوبتيل ينحني ، وذلك لان المنطقة الواقعة تحت نقطة الاستناد قد نمت ، في حين ان الوجه الثاني لم يطل ابداً .

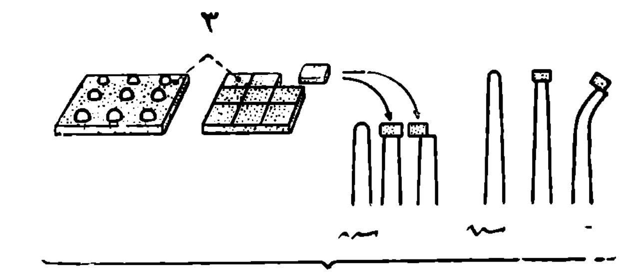


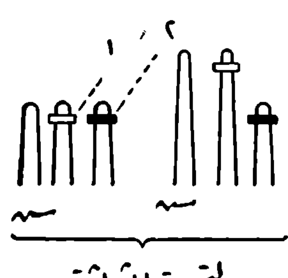
شكل (٢٧٠)

تجارب تبين ان قمة كوليوبتيل الشوفان ضرورية في نمو الكوليوبتيل . ~ = شاهد

يتبين من هذه التجربة ان المنطقة التي نمت ليست ذروة الكوليوبتيل ، انما هي المنطقة الكائنة تحتها فالذروة اذن ضرورية ليس لكونها مقراً للنمو ، ولكن لتأثيرها الذي يحرض الخلايا الواقعة تحت الذروة فتجعلها تنمو .

التجربة الثالثة : اذا وضعنا صفيحة من الجيلوز (وهو مادة قابلة للنفوذ) بين الذروة والقسم الواقع تحتها فنرى بأن النمو يستمر . وبالعكس اذا استبدلنا صفيحة الجيلوز





شكل (٢٧١)

تجارب تدل على ان قمة الكوليوبتيل تركب هورمون النمو ــ = شاهد

١ ــ صفيحة من الجيلوز ٢ ــ صفيحة من الميكا

بصفيحة من الطلق (الميكا) أو بصفيحة من القصدير (غير قابلة للنفوذ) فان النمو يتوقف

نستنتج من ذلك : أن ذروة الكوليوبتيل تركب مادة كيمياويــة أو عدة مواد كيمياوية تنحل في الماء وتنفذ من الجيلوز لتثير النمو في الخلايا الواقعة تحتها ؛ بينما توقف صفيحة الطلق او صفيحة القصدير هذه المادة .

التجربة الرابعة : عزل مادة النمو :

لنقطع عدداً من ذروات الكوليوبتيل ونضعها على لوحة من الجيلوز مدة ساعة ، ثم نقسم الجيلوز الى مكعبات صغيرة ، ونضع أحد المكعبات على قسم من مقطع الكوليوبتيـل الذي أجرينا عليه عملية القطع ، نلاحظ أن القسم السفلي يعود فينمو ويستمر في ذلك . ثم ينحني قليلاً ، ويدعى هذا انحناء النمو .

فالجيلوز قد امتص مادة النمو التي انتشرت من ذروة الكوليوبتيل ، وبهذه الطريقـة أمكن عزلها من الكوليوبتيل .

والخلاصة : تبين هذه التجربة بأن نمو كوليوبتيل الشوفان يعود الى تدخـل مادة أو عدة مواد كيمياوية قد تصنعها ذروة الكوليوبتيل ، ثم تنتشر وهي منحلة حتى تصل الى المنطقة الأكثر حساسية بتأثيرها . فتثير استطالتها.

فهذه المواد هي هورمونات نباتية تدعى الحاثات (اوكسين) .

ب ــ استخراج الهورمونات النباتية :

توجد الحاثات في الاعضاء النباتية بكميات ضئيلة ، ويتطلب استخراجها استعمال كميات

كبيرة من النباتات ، وتصادف الحاثات النباتية بمقدار وافر في بول الحيوانات العاشبة وفي بول الانسان ولذا كان اول استخراجها نقية من بول الانسان .

لقد استحصل على ثلاثة انواع من حاثات النمو هي : الحاثة النباتية (أ) والحاثة النباتية (ب) والحاثة النباتية غير المتجانسة .

جـ – الحاثات المصطنعة : لقد تحقق اصطناع مواد كيمياوية لها فعالية الحاثات النباتية الطبيعية نفسها . وفائدتها العملية كبيرة جداً ، اذ تستعمل في الزراعة .

د – عمل الحاثات النباتية :

١ – تفيد الحاثات النباتية في النمو الطولي ، لأنها تسبب تطاول الخلايا ، كما تنشط فعالية الانقسام الخلوي ، وبصورة خاصة انقسام النسج المولدة الثانوية Cambium التي تفيد في النمو العرضي .

٢ – يكون تأثيرها كبيراً بكميات ضئيلة ، واذا ازدادت كميتها تحدث عكس التأثير ويتوقف النمو فيقال أن لها تأثيراً كافياً .

٣ – لايكون تأثير الحاثات النباتية نوعياً . وقد دلت التجارب على ان الحاثات التي عزلت من كوليوبتيل الشوفان تسبب نمو الذرة الصفراء أو نمو معلاق زهرة الربيع.

إلا أن حساسية الأنواع النباتية المختلفة ليست نفسها . أي أن تركيزاً معيناً من الحاثات النباتية يثير نمو القمح ، ولكنه يكون ضاراً وساماً بالنسبة لنباتات أخرى (كالخردل البري واللبلاب).

تطبيقات عملية

يزداد استعمال الحاثات المصطنعة يوماً بعد يوم في الزراعة عامة وزراعة البساتين خاصة. وقد اتسع حقل استعمالها كما ستبين لنا الامثلة التالية :

أ – الافتسال : هو نزع جزء من نبات (غصن مثلا) وغرسه في تربة رطبة ، فتظهر له جذور منضمة في قاعدته المغروسة ، ويكوّن الفسل نباتاً جديداً .

واذا غمرنا قاعدة الفسل في محلول من الهورمونات النباتية ، نلاحظ أن تشكل

الجذور ينشط فتنمو بسرعة ؛ ونحصل على نفس النتيجة اذا طلينا قاعدة الفسل بمرهم يحتوي على حاثات النمو .

ب - مكافحة سقوط الاثمار باكراً : اذا ذرت محاليل الحاثات النباتية المصطنعة على الاشجار المثمرة (التفاح خاصة) حال ذلك دون سقوط الاثمار قبل نضجها . وبهذا تقوم الحاثات بالحد من تشكل المنطقة الفاصلة التي تتكون في معلاق الثمرة .

حـ - مكافحة الاعشاب الضارة : ذكرنا ان حساسية الحاثات تختلف باختلاف الانواع النباتية ، وهذا مايساعد على استعمال الحاثات المصطنعة كمواد قاتلة للأعشاب الضارة . فاذا رش حقل مزروع بالقمح في زمن الانبات بكميات مناسبة من الحاثات المصطنعة تقوم هذه الاخيرة بتخريب الاعشاب الضارة (الخردل واللبلاب) بعملية كف النمو ، ذلك لان هذه الاعشاب تعتبر اكثر حساسية من القمح بالنسبة لهذه المواد ، ويعتبر القمح اقل حساسية بها .

د حفظ البطاطا : تستعمل في هذه الحالة حاثات نباتية بتركيز قوي تفيد في الحد من عملية النمو ؛ فاذا ذر على درنات البطاطا مسحوق يحتوي على حاثات مصطنعة ، تصبح الدرنات بحياة بطيئة ولمدة طويلة ، وذلك بالمقارنة مع درنات شاهدة لم تعالج .

وحدة العضوية وتناسقها

ليس البدن مجموعة من الاعضاء يقوم كل منها بوظيفته الخاصة بمعزل عن الاعضاء الاخرى ، بل هو وحدة فيزيولوجية تتكافل فيها الوظائف المختلفة وتتناسق . وتدل على هذا التكافل والتناسق امثلة عديدة منها :

١ - وجود ارتباط بين الجملة العصبية والحاثات ينسق اعمال الاعضاء المختلفة ، وقد اسهبنا في وصفه في ابحاثه الخاصة .

٢ - وجود وسط مشترك تعيش فيه سائر الخلايا التي تؤلف البدن ، هذا الوسط هو الدم والبلغم (الوسط الداخلي) .

٣ - وجود جهاز دفاع مشترك يدافع به البدن عن نفسه ، وقد ورد ذكر ذلك في ابحاث السنين الماضية (المناعة ووسائلها المختلفة) .

الوحدة الرابعة

« الوراثة »

يلاحظ مربو الحيوانات عند متابعة انسالها ، ولادة تشبه الى حد ما آباءها واجدادها. فهي ترث من اسلافها جملة من الصفات ، ويمكن القول بأنها ستنقل الى احفادها الصفات الرئيسية التي ورثتها ، وتملك سائر الاحياء الحيوانية والنباتية خاصة نقل مجموعة من الصفات التي تمتاز بها ، الى احفادها وتلك هي ظاهرة الوراثة .

١ – الصفات الوراثية :

ان سلالة زوجين من الفئران هي فئران دوماً ، وان بذور الفاصولياء لاتعطي الا بذور الفاصولياء .

ولكن يحدث ان زوجين من الفئران لونهما رمادي ، يولد لهما فئران رمادية واخرى بيضاء ، وكذلك يعطي نبات الفاصولياء بذوراً مختلفة الحجوم والثقل . ونميز لذلك قسمين من الصفات : فالصفات التي تعرف بها الفأر او نبات الفاصولياء والتي تظهر بوضوح في سائر الانسال هي مايسمى بالصفات النوعية ، اما اللون والقامة ، والوزن ولون العين ، وشكل الانف فهي تنتقل الى الاحفاد بدقة اقل من تلك وتكون قابلة للتغير وتسمى الصفات الفردية .

الصفات النوعية

ان كلة فأر توحي لنا بجملة من الصفات لاتميز كائناً بذاته بل جملة من الافراد متميزة ومتشابهة فيما بينها وتختلف تماماً عن الكائنات الحية الاخرى فهي بذلك تعني نوعاً حيوانياً.

تعريف النوع :

آ – سائر افراد النوع الواحد متشابهة فيما بينها ويظهر هذا التشابه في الامور التالية:

١ – التشابه الشكلي : تبدي سائر الفئران تعضياً متماثلاً وهيئة واحدة . لكن التشابه الشكلي لايعتبر معياراً كافياً لتعريف النوع اذ اننا نجد في نوع الكلب مثلاً افراداً مختلفة الاشكال ، حتى ليبدو بعضها اشبه بالذئب احياناً .

٢ – التشابه الكيميائي : لكل نوع من الصنوبر افراز راتنجي خاص . وكذلك فحليب الماعز ليس كحليب البقر ولا كحليب الاتان . وان خضاب الدم في الانواع المختلفة من الجرذ يتبلور على اشكال مختلفة .

٣ – التشابه الفيزيولوجي : ان حية البطن Asc. Lombricoide هي دودة حبلية لاتعيش الا في الانسان وهي تتميز تماماً عن حية البطن التي تعيش في الخنزير فالمضيف بالنسبة للطفيليات نوعي بصورة عامة .

ب – سائر افراد النوع الواحد تتلاقح فيما بينها .

لكن معيار الخصب الجنسي ليس مطلقاً ايضاً . فالكلاب والذئاب خصبة فيما بينها ، وعلى العكس فان بعض الافراد التي تنتسب الى نوع واحد تكون مع ذلك عقيمة فيما بينها .

فبعد الاخذ بالاعتبارات السابقة يصلح المعياران « التشابه ، والخصب الجنسي » لتعريف النوع . ونسوق هنا التعريف الذي وضعه Cuvier : « النوع هو مجموعة الافراد المتعضية التي ولد بعضها من بعض ، او من اقارب متشابهة تشبهها بقدر ماتتشابه هي بين بعضها » .

الصفات الفردية

يولد احياناً من تلاقح فأرين رماديين ، فئران يختلف بعضها عن بعض بصفات جزئية لكنها كافية لتتميز هذه الافراد ضمن النوع . ويتناول الاختلاف عادة لون الشعر والقامة والوزن ... وهذه هي الصفات الفردية .

ومن بين هذه الصفات يجب التمييز بين صفات تسود في سائر أفراد مجموعة معينة وتسمى الصفات العرقية ، وبين صفات تختلف من فرد لآخر في نفس المجموعة وتسمى الصفات المتبدلة (المتأرجحة) .

الصفات العرقية :

اذا تلاقحت فئران بيضاء ناتجة عن زوجين رماديين ، فأنسالها باستمرار هي فئران بيضاء . مما يدل على ان هذه المجموعة البيضاء من الفئران تشكل أصلاً

نقياً او عرقاً صافياً . ويمكن بالانتقاء ومتابعة التلاقح تمييز عرق نقي بين الفئران الرمادية نفسها . وللحصول على العروق الصافية يلجأ الى العزل المستمر . وهي طريقة متبعة في المختبرات . غير انه في الطبيعة ايضاً قد توجد عروق صافية وسبب ذلك الانعزال الجغرافي او الانعزال الجنسي : كما في النباتات ذات التأبير المباشر ، وفي العروق الحيوانية التي يتم تلاقحها في فترات زمنية تختلف عن فترات تلاقح العروق الاخرى المنتسبة الى نفس النوع.

الصفات المتبدلة (المتأرجحة):

اذا تزاوجت اصغر الفئران قامة بين مجموعة معزولة صافية فان انسالها ليست على الغالب صغيرة القامة ، بل ان قاماتها تتأرجح حول القامة المتوسطة المميزة لنوع . فما حصل توارثه حقاً في هذه الحالة هو الصفة المتوسطة وليست صفة صغر القامة او كبرها فهناك باستمرار ميل نحو الوسط . والصفات المتبدلة تخضع تقريباً لتأثير عوامل الوسط الخارجي (وفرة الغذاء مثلاً) ولتأثير عوامل داخلية (مفرزات الغدد الصم) .

الصفات الجديدة :

يحدث احياناً ان تظهر في الانسال صفات جديدة لم تكن في الآباء او الاجداد ولهذه الصفات الجديدة نوعان .

الجسمية : اذا سخنا شرانق نوع من الفراش ذي لون فاتح نحصل على فراش ذي لون قاتم . واذا نمت أنسال هذه الفراشات القاتمة في اوساط طبيعية عادت من جديد فاتحة اللون . فتأثير الحرارة هنا لم يحقق الشروط الضرورية لتثبيت الصفة الجديدة في الخلايا الجنسية. وصفة اللون القاتم لم تؤثر الا في الجسم نفسه دون انساله .

الافتجائية : (mutation) حصل مرة ضمن مجموعة منتقاة من الدجاج العادي على دجاجة ذات عنق عار من الريش . فهذه الصفة الجديدة التي ظهرت فجأة وغدت وراثية واضحة تعبر عن نشوء عرق جديد صاف من الدجاج فيسمى ذلك الافتجاء . ومع ان هذه قد تحققت في شروط غير محدودة تماماً لكنها تثبتت في الخلايا الجنسية بحيث صار للانسال تغير ثابت دائم .

« العوامل الوراثية »

لقد دلتنا دراسة تكاثر الاحياء على أن الرابط المادي الوحيد بين الاجيال المتتابعة هو كميات ضئيلة من المادة الحية تدعى الاعراس . فكانت الصفات المنقولة من الآباء الى الابناء متضمنة بالضرورة في تلك الاعراس . وبكلمة واحدة ان الاعراس هي حاملات الارث . لكن الصفة الموروثة ليست شيئاً له نفس الصورة التي تبدو في الآباء . فالبيضة أصل الكائن الجديد ترث فقط امكانيات التشابه . وهذه الامكانية أو القدرة على التشابه تعود الى عوامل وراثية تهيء خلال نمو الفرد أسباب تحقيق تلك الصفة .

« الدراسة التجريبية لانتقال الصفات الوراثية »

النغولة : حينما يجري التلاقح بين أفراد من عرق صاف من الفئران البيضاء نحصل باستمرار على فئران بيضاء . بينما إذا تم تلاقح بين فأرين أحدهما أبيض والآخر سنجابي وكل منها صافي العرق يلاحظ انقطاع الاستمرار الوراثي للونيها . ونحصل على أنغال يمكن بمتابعتها أجيالا متتالية أن نلاحظ ظهور أو اختفاء صفات العرقين المدروسين .

فالنغولة هي طريقة تجريبية تسمح بدراسة انتقال الصفات الوراثية .

مبدأ الطريقة : ان طريقة النغولة قد طبقت لاول مرة عام ١٨٦٣ من قبل العالم النباتي Naudin حين اجرى التصالب (تلاقح) بين نوعين متجاورين من الباذنجانيات من جنس Datura فحصل على انغال خصبة بين بعضها ومختلفة عن كلا الابوين ولاحظ في سلالة هذه الانغال حين تلاقحت مع بعضها افراداً حملت من جديد نفس صفات الجيل الاول . لكن الانواع التي جرب عليها (نودان) كانت شديدة الاختلاف وبينها عدد كبير من الصفات المتغايرة ففاته تماماً ايجاد قوانين نقل الصفات الوراثية .

وفي نفس الوقت كان الراهب النمسوي ماندل Mendel يجري التصالب بين نباتات من نفس النوع لكنها من ضروب مختلفة بحيث لايوجد بين الافراد المتلاحقة من فروق سوى صفة أو عدد قليل جداً من الصفات . فاستطاع بذلك أن يدرس تفصيلياً اختفاء وظهور الصفات العرقية عند عدد كبير من الافراد في مختلف الاجيال

واستطاع بعد ذلك أن يضع القوانين الاساسية في النغولة .

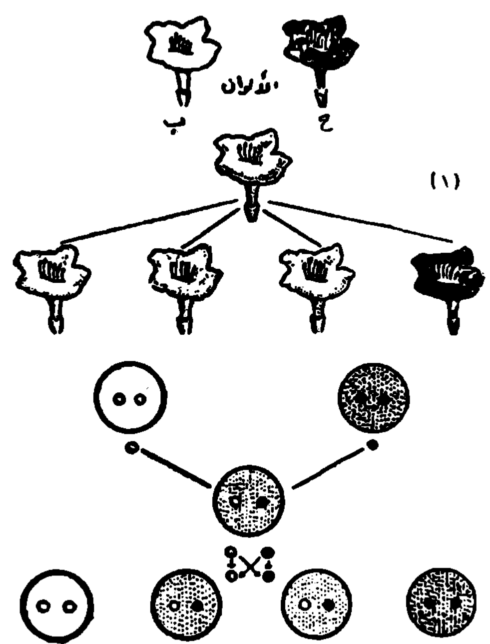
وقـد اعطت تجارب Morgan المتعددة على ذبابة الخـل Drosophila melanogaster نتائج باهرة في هذا الموضوع . ويفضل هذا النوع في الدراسات التجريبية لانه من السهل وضع عدد كبير من الذباب في قارورة تحتوي على وسط مغذ ، فتتكاثر ويعطي الزوجان منها بضع مئات من الاحفاد وتتابع الاجيال كل ١٢ يوما في درجة حرارة ٢٠° ، كما أن لذبابة الخل عروقا ومن السهل تمييزها عن بعضها ولها قدرة على التلاقح بين بعضها بدون حد .

« تجارب النغولة »

النغولة المفردة :

هي اجراء التلاقح بين فردين ينتسبان الى عرقين صافيين من نفس النوع ولا يختلف عن بعضها إلا بصفة واحدة ولهذه النغولة نمطان : النمط المختلط ونمط الرجحان .

١ ـ النمط المختلط : مثال نبات شب الليل .



لهـذا النبات نوعان من الازهار فبعض النباتات تحمل أزهـاراً حمراء وبعضها يحمـل أزهـاراً بيضاء . ويجب التأكد من أن هـذه الضروب صـافية العرق . لذلك

تزرع معزولة بحيث يلقح كل منها بغبار طلعه الخاص فاذا انتجت الاولى نباتات حمر الازهار وانتجت الثانية نباتات بيض الازهار تأكدنا من صفاء عرقها .

آ — التصالب بين العرقين الصافيين : أحمر × ابيض .

لاجراء التصالب يحمل غبار الطلع من الازهار الحمر ويوضع على مياسم الازهار البيض وبالعكس . فتنتج بذور تزرع فتنبت ثم تزهر .

الجيل الاول : يكون لسائر هذا الجيل ازهار وردية أي ذات لون وسط بين الاحمر والابيض. فهذه النباتات هي انغال متشابهة فيما بينها تماماً . ونقول ان الجيل وحيد الشكل.

ب — التصالب بين انغال الجيل الاول : وردي × وردي . تلقح كل زهرة وردية بغبار طلعها الخاص او بغبار طلع زهرة وردية اخرى فتنتج بذور تزرع فتنبت ثم تزهر .

الجيل الثاني : يشمل هذا الجيل افراداً وردية الازهار ، وافراداً حمر الازهار وافراداً بيض الازهار . ومعنى ذلك ان بعضاً من الافراد يشبه الجيل الاول (الآباء) وبعضاً عاد إلى الصفات الاصلية (الاجداد) . وإذا كان عدد هذه الافراد كبيراً فاننا نجد في كل ١٠٠ نبتة : (٢٥) نباتاً ازهاره حمراء . (٢٥) نباتاً ازهاره بيضاء . (٥٠) نباتاً ازهاره وردية .

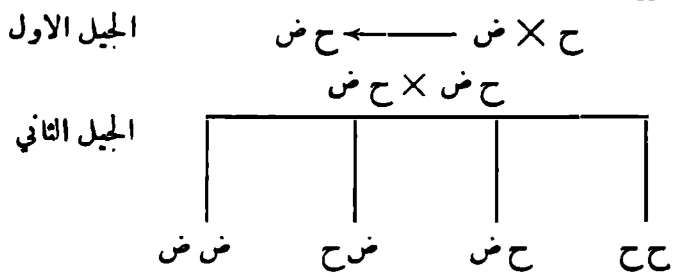
جـ — السلالة التالية : اذا اجري التصالب بين افراد الجيل الثاني بحيث تلقح الازهار الحمر ببعضها فهي لاتعطي سوى نباتات ذات ازهار حمراء في الجيل الثالث والرابع والخامس ... الخ وكذلك الامر بالنسبة للأزهار البيضاء . بينما يعطي تصالب الازهار الوردية مع بعضها جيلاً ثالثاً ربع افراده ذو ازهار بيضاء والربع الآخر ذو ازهار حمراء والنصف ذو ازهار وردية وهكذا .

مما يسمح لنا بالقول ان الجيل الثاني يتألف من ١/٤ الافراد حمراء صافية و ١/٤ الافراد بيضاء صافية و ١/٢ الافراد انغال وردية هجينة . ولايضاح ذلك يكفي ان نتذكر ان الصفات الوراثية تنتقل بواسطة الاعراس التي تتضمن كما بينا في العوامل المحددة لظهور الصفات عند الابناء .

فأعراس نبات شب الليل (احمر صافي) لاتتضمن سوى العامل المحدد ح واعراس نبات شب الليل (ابيض صافي) تتضمن العامل المحدد ض فقط والبيضة

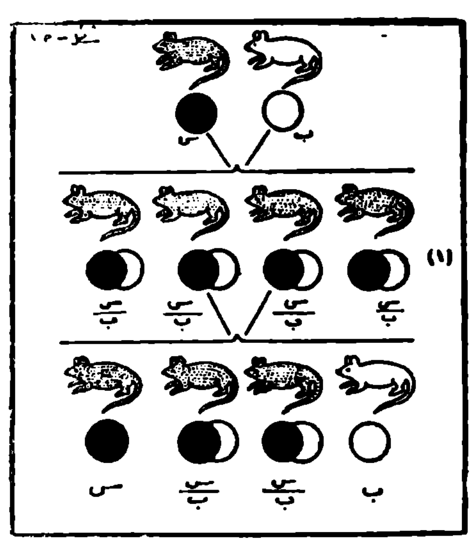
الملقحة الناتجـة عن لصالبها تحمل في نفس الوقت العاملين ح ض معاً . وسـائر الخلايا النـاتجة عن انقسام البييضة تحمل نفس العاملين ممـا يفسر ظهور اللـون المتوسط الوردي في الانتال .

اما تفسير الاختلاف في اللون الذي ظهر في الجيل الثاني فبسيط ايضاً إذ يحدث اثنـاء تكون الاعراس ان ينفصل العـاملان ح ، ض ويتوزعان منفردين على الاعراس وهـكذا يتـكون في كل نغل صنفين من الاعراس تابعاً للصدفة فقط ويرينا الشكل ظهور ٤ مركبات فقط ذات احتمالات متساوية .



وهـكذا يكون بين كل اربعة افراد من الجيل الثاني فرد يحمل الصفة ح ح (احمر صافي وفرد يحمل الصفة (ض ض) ابيض صافي وفردان يحملان الصفة ح ض ض ح (وردية هجينة) .

٢ ــ نمط الرجحان : مثال الفأر .



يوجد ضربان من الفئران لاحدهما لون سنجابي وللآخر لون ابيض وتتأكد من أن كلاً منهما يمثل عرقاً صافياً بواسطة عزله ثم اجراء التلاقح بين افراد كل ضرب على حدة فتنتج الفئران السنجابية باستمرار افراداً سنجابية . وتكون افراد الفئران البيضاء ذات لون ابيض دوماً فنتأكد من صفاء عرقيها .

آ = التصالب بين العرقين الصافيين : سنجابي × ابيض .

يجري التلاقح بين فأر سنجابي وآخر ابيض وينتظر الى حين الولادة .

الجيل الاول : يكون لسائر افراد هذا الجيل لون سنجابي ظاهر . فصفة اللون السنجابي راجحة قاهرة بينما صفة اللون الابيض التي اختفت تماماً من سائر افراد هذا الجيل هي صفة مدحورة مقهورة . ومع ذلك فاللون السنجابي الذي يميز هذه الانغال ليس صفة نقية بل هجينة .

ب = التصالب بين انغال الجيل الاول : يعطي تصالب انغال الجيل الاول بين بعضها جيلاً ثانياً يتميز بما يلي :

الجيل الثاني : $\frac{1}{4}$ افراده بيضاء اللون اي انها استرجعت صفة الجد .

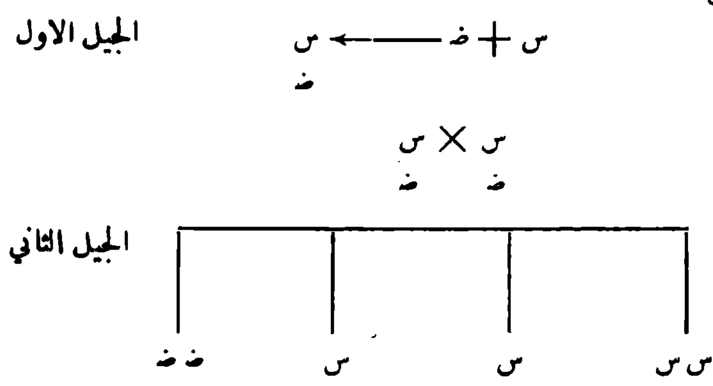
$\frac{3}{4}$ افراده سنجابية اللون في الظاهر . لكن احد هذه الارباع يكون لونه السنجابي مستمداً من الجد والباقي تشبه آباءها افراد الجيل الاول .

ج = الاجيال المتتابعة : إذا واصلنا التصالب بين افراد الجيل الثاني بحيث تم التلاقح بين الافراد بيض الالوان بعضها مع بعض كانت سائر انسالها في الجيل الثالث والرابع والخامس ... بيضاء اللون . وكذلك الامر بالنسبة لقسم من الافراد سنجابية اللون . اما البقية فتعطي باستمرار وبنفس النسبة السابقة افراداً بيضاء وافراداً سنجابية اللون .

مما يسمح لنا بالقول ان الجيل الثاني يتألف من $\frac{1}{4}$ الافراد بيضاء (صفة نقيــــة) و $\frac{1}{4}$ الافراد سنجابية (صفة نقية) و $\frac{1}{2}$ الافراد سنجابية (صفة هجينة) .

اما تفسير هذا الرجحان فيكفي القول بأن افراد الجيل الاول كانت كلها متشابهة كما في مثال نبات شب الليل . ولكن بينما كانت العوامل ح ، ض في المثال الاول لها نفس القوة في تحديد اللون ، نجد هنا ان العوامل س (سنجابي) ض (ابيض) ليس لها نفس القوة فالعامل (س) وحده يحقق صفة اللون السنجابي ويقنع العامل(ض)دون ان يزيله . لذا كانت

س راجحة قاهرة و ض مدحورة مقهورة لكنها تعود للظهور في بعض افراد الجيل الثاني فيما بعد كما في الشكل :



النتائج :

١ ـ في هذا المثال والمثال السابق نلاحظ ان افراد الجيل الثاني تكون سلالة صافية حينما تنشأ من بيضة تحمل نفس العامل المحدد مرتين ح ح ، ض ض في مثال شب الليل ، س س ، ض ض في مثال الفأر . ولذلك تسمى بالموحدات المتجانسة .

٢ بينما تكون الانغال ح ض في مثال شب الليل و س ض في مثال الفأر ذات موحدات متخالفة .

٣ ـ وفي مثال شب الليل كانت الانغال حاملة ح ض وقد ظهر تفسير ذلك واضحاً بتغير اللون فكانت النباتات وردية الازهار أما في مثال الفأر فالانغال س ض متشابهة مع السلالة الصافية س س وليس هناك فروق شكلية في الظاهر ولا بد من اللجوء الى الجيل الثاني وما بعده لتمييز السلالة الصافية س س عن الانغال س ض .

٤ ـ واخيراً ففي نمط الرجحان لاتظهر الصفة المدحورة ض إلا إذا اقتربت بمثيلتها ض ض أو حين لاتوجد امامها صفة أخرى منافسة .

فائدة عملية النغولة :

لنتخذ مثلاً القمح وهو نبات ذو أهمية اقتصادية بالغة ويبدي ضروباً مختلفة عديدة لكل منها صفة هامة كمقاومة البرد . ومقاومة الامراض . وكالمردود الجيد ... الخ ... فاجراء التصالب بينها يعطي انغالاً تجتمع فيها الصفات وتتحد ويكون من بين هذه الانسال ما هو ثابت ويمثل ضروباً صافية جديدة فيها صفات مشتركة .

« قوانين ماندل »

القانون الاول : إذا اجري التصالب بين فردين من عرقين صافيين يختلفان عن بعضها بصفة أو عدة صفات فأنغال الجيل الاول جميعاً متشابهة فيا بينها .

القانون الثاني : إذا أجري التصالب بين انغال الجيل الاول نتج جيل ثاني متخالف الصفات . وهو يدل على انفصال صفات الآباء فالأعراس فيه صافية لايحمل كل عروس سوى أحد العاملين المحددين لكل زوج من الصفات .

القانون الثالث : ان انفصال صفات الآباء يتم بصورة مستقلة في كل زوج من الصفات بغض النظر عن وجود ازواج من الصفات الاخرى .

« النظرية الصبغية في الوراثة »

تدل تجارب النغولة أن العروسين يلعبان دورين متكافئين في نقل الصفات الوراثية . مما يقودنا بداهة الى الاعتقاد باهمية نوى هذه الاعراس في حمل العوامل الوراثية . فنواة البيضة ونوى الخلايا الناتجة عن انقسامها ستتدخل في تجسيم هذه على شكل صفات تتحدد في الفرد خلال نموه .

١ – توازي في مصير العوامل الوراثية والصبغيات :

دلتنا قوانين ماندل أن العوامل الوراثية الآتية من الآباء :

أ – تتوضع متجاورة مثنى مثنى في البيضة التي سيتولد منها النغل .

ب – ثم توجد في خلايا جسم النغل حيث تنضج فتحقق له صفاته الخاصة .

ح – تنفصل عند تشكل الاعراس في النغل .

ونحن نعلم ان نواة الخلية تحتوي على ما سميناه بالصبغيات التي تعاني نفس المصير :

أ فدراسة الالقاح دلتنا على ان الصبغيات الصادرة عن الأب والصبغيات الصادرة عن الأم تتنضد مثنى مثنى دون ان تنصهر ببعضها كما يحصل لبقية أقسام العروسين .

ب – ان سائر الانقسامات التي تطرأ على البيضة الملقحة والتي تتم خلال النمو التدريجي للعضوية هي انقسامات معتنفة متساوية . فسائر الصبغيات الصادرة عن الأب والصبغيات الصادرة عن الأم تبقى متنضدة بشكل ثنائي في كل خلايا جسم الفرد .

حـ — خلال الانقسام الاختزالي الذي يسبق تشكل الاعراس يلاحظ أن كل زوج من الصبغيات (صبغية من الأب وصبغية من الأم) ينفصل وتتوزع الصبغيتان في النواتين البنتين حسب الصدفة حيث تكون الصبغية الصادرة عن الأب من نصيب احدى النواتين والصبغية الصادرة عن الأم من نصيب الاخرى .

ان هذا التوازي الواضح في مصير العوامل الوراثية والصبغيات دعا الى الافتراض التالي:

« ان العوامل الوراثية محمولة على الصبغيات »

وهذه هي النظرية الصبغية في الوراثة .

فالصبغيات تتألف من خيط تصطف على طوله حبيبات ولوعة باللون هي الجزئيات الصبغية (Chromomères) ويعتقد أن العوامل المحددة للصفات الوراثية هي جزئيات مادية تدعى المورثات متوضعة في الجزئيات الصبغية .

تحقيق النظرية الصبغية بالوقائع :

تحديد الجنس بالصبغيات :

يلاحظ عند تلاقح الفئران ان ولادة (١٠٥) فأراً ذكراً يقابله (١٠٠) فأر انثى وفي الانسان تصبح النسبة (١٠٤) ذكر الى (١٠٠) انثى . ففي كل نوع يوجد عدد من الافراد الذكر يطابق عدد الافراد الانثى على وجه التقريب . فكيف تفسر هذه المساواة العددية بين الجنسين ؟

تدل الملاحظات أن في خلايا ذبابة الخل الانثى أربعة أزواج من الصبغيات زوجان بشكل حرف U وزوج نقطي وزوج بشكل عصوي . أما صبغيات ذبابة الخل الذكر فماثلة لما في الانثى غير ان احدى الصبغيات العصوية تبدي عقفة في احدى نهايتها . فزوج الصبغيات العصوية في الذكر مختلف اذن عنه في الانثى ، فاذا رمزنا للصبغي العصوي العادي بالحرف (س) وللصبغي العصوي المعقوف بالحرف (ع) كانت الانثى من ذبابة الخل متميزة بوجود (س س) والذكر بـ (س ع) .

ونستطيع تبعاً لذلك أن نقول إن الجنس ككل صفة فردية يحدده عاملان تحملها صبغيتان مختلفتان وقد تحققت هذه الفرضية بالوقائع . ففي الانقسام

الاختزالي الذي يسبق لشكل الاعراس يحصل كما ذكرنا انفصال الازواج الصبغية . فمن انفصال الزوج (س س) تتلقى كل بيضة العامل (س) . وعند انفصال الزوج (س ع) تتلقى بعض النطاف العامل س وتتلقى النطاف الاخرى العامل ع .

فعند الالقاح تتلاقى الاعراس تبعاً للصدفة وحدها . ويتشكل عدد من البيوض الملقحة ذات (س س) بقدر ما يتشكل من البيوض الملقحة ذات (س ع) حيث ينتج عن الاولى اناث وعن الاخرى ذكور .

وعند الثدييات (بما فيها الانسان) والضفادع ومعظم الاسماك والحشرات نصفية الاجنحة ومغمدة الاجنحة ومضاعفة الاجنحة ... كما في ذبابة الخل تحمل الانثى دوماً زوج الصبغيات (س ع) .

أما في الطيور والزواحف والفراشات ... فيكون الذكر حاملاً (س س) بينما تحمل الانثى (س ع) .

طبيعة المورثات :

قبل ان نختم بحث الوراثة لا بد من اعطاء بعض الفكر عن طبيعة المورثات وآلية عملها.

فلقد تمكن العلماء من احداث الافتجاء الطبيعي وذلك بوضع ذبابات الخل او يرقاتها تحت تأثير الاشعاعات (الاشعة X ، واشعة الراديوم) او تحت تأثير تغيرات درجة الحرارة (تناوب البرد والحر) وفي سائر هذه الحالات دلت الملاحظات في الافراد الجدد على وجود تغيرات تختلف شدتها قليلاً او كثيراً في الحبيبات الصبغية ، تغيرات احدثت ذلك الشذوذ في الافراد الجدد التي انتابها الافتجاء .

فباستعمال الاشعة السينية استطاعوا تحديد تغيرات تركيب الصبغيات في نقاط معينة منها ، تلك النقاط المتعلقة بالمصائب المرضية من الصبغيات ، وبالتالي فمادة المورثات هي التي تغيرت .

وقد دل التحليل الكيماوي المجهري على أن هذه المصائب مكونة من بروتيدات نووية لها قدرة على التجدد والتشكيل ذاتياً بمعنى ان وجود الذرة الاولى من احدى هذه البروتيدات النووية يسبب لشكل ذرة أخرى مماثلة وهكذا باستمرار .

فالمورثات هي ذرات هذه البروتيدات النووية • وهي إذن من طبيعة تشبه طبيعة الحمات الراشحة (الفيروس).

آلية عمل المورثات :

ان آلية عمل المورثات مجهولة وتبدو على قدر عظيم من التعقيد . وان اظهار احدى الصفات يعتمد غالباً على الفعل المباشر لعدد من المورثات ولذلك فان المورث الواحد يكون عاملاً في انضاج عدد من الصفات .

ويظن ان فعل المورث هو الاشراف والتوجيه على سلسلة من التفاعلات التي تقود الى اظهار الصفات الوراثية . وهذا الفعل متعلق بالوسط الداخلي وبالوسط الخارجي ويخضع لتأثيراتهما . كما اننا يجب ان لانظن ان ظهور الصفات الوراثية هو عمل نووي فقط لمجرد ان الصبغيات وبالتالي المورثات متضمنة فيها ، بل يجب ان نشرك في ذلك الهيولي الخلوية التي تعمل ايضاً على تحقيق صفات الفرد ولذا نقول اخيراً بأن المجموع (الهيولي + النواة) اي الخلية بكاملها تتدخل في حادثة الوراثة .

حتى لقد ظن البعض بامكان وجود مورثات هيولية بجانب المورثات الصبغية .



الاحقاب الجيولوجية

تمكننا قواعد علم الجيولوجيا وطرائقه من تعيين العمر النسبي للصخور ، أي معرفة القديم منها والحديث ، لكنها لا تستطيع تقدير العمر المطلق لها ، فهي تجهل متى بدأ تشكل الطبقات المختلفة من الصخور وبالتالي مدى الازمنة الجيولوجية . ونكتفي بالقول أن أمد هذه الازمنة طويل جداً يقدر بملايين السنين . وقد طرأت على الارض خلال هذا العمر المديد ، أحداث عظيمة ، غيرت أشكال البحار والقارات ، ومواضع سلاسل الجبال ، كما تغيرت طبيعة الطبقة الجوية التي تحيط بها . وانتشرت خلال ذلك فئات أخرى مختفية أو تاركة بقايا مستحاثية تدل على وجودها السابق وتسمح سائر تلك الاحداث بتقسيم الازمنة الجيولوجية الى أحقاب هي : الحقب الابتدائي ، والاول ، والثاني ، والثالث ، والرابع . وقد دام كل منها عدة ملايين من السنين . ويفكر علماء طبقات الارض أنه إذا مثلنا برقم (١) ثخن الاراضي الرابعة أو مدة الحقب الرابع فيجب أن نمثل برقم (٢٠) مدة الحقب الثالث و بـ(٣٠) مدة الثاني وبـ (١٥٠) مدة الاول . ويظن أن الحقب الابتدائي قد دام مدة تطابق مجموع تلك الارقام (٢٠٠) تقريباً .

المستحاثات :

تعرف المستحاثة بأنها كل مظهر للحياة حفظ بصورة طبيعية في اراضي تسبق العهد الحاضر . وتحفظ المستحاثات في الاراضي الرسوبية فقط حين يتم انطمارها بسرعة وبعزل عن الهواء والرطوبة . وفي هذه الشروط لا يمكن ان تبقى في الحالة العامة ، الا الاجزاء الصلبة الهيكلية . والحيوان قد لا يترك إلا بصمة في أرض ما . فقوقعة مستحاثة قد تنحل فيبقى لنا منها في بعض الاحيان قالبها وكذلك فآثار الاقدام على الرمل قد استطاعت أن تبقى نتيجة لتصلب وتغطية رسوبية سريعة .

لكن المستندات المستحاثية لا تزال تعاني نقصاً ، وأسباب عدم استكمالها استحالة تحري الطبقات الجيولوجية ، فالتحري مثلاً مستحيل في قاع البحار وصعوبة حفظ الاجزاء الرخوة ، وتخرب المستحاثات وتلفها بنتيجة اضطراب القشرة الارضية ، وعدم المبالاة أو نقصان الامكانيات .

ومها يكن من أمر فان علم المستحاثات غني جداً بوقائع وامور ذات قيمة عالية .

« الحقب الابتدائي ومستحاثاته »

ترجع سائر الصخور الرسوبية المتوضعة حالياً في البحار القديمة الى الحقب الابتدائي . اما الاحياء التي عاشت في ذلك الحقب فلم تترك اثراً من المستحاثات ، والبقايا الحيوانية والنباتية التي ظهرت في اراضي هذا الحقب ضئيلة ولا تعطينا فكرة واضحة عن الانواع الحية آنذاك . ذلك لانه طرأ على رسوبات تلك الاراضي تبلور جديد تحت تأثير الحرارة المركزية والضغط فكان من نتيجة ذلك أن تخربت مستحاثاتها وأبيدت .

« الحقب الاول ومستحاثاته »

١ ــ اراضيه ومناخه :

تبلغ سماكة الاراضي الاولية بمجموعها حوالي ٣٠٠٠٠ م مما يدل على طول مدة هذا الحقب وقد قسم الى خمسة أدوار :

آ ــ الدور الكمبرياني ب ــ الدور السيلوري حـ ــ الدور الديفوني د الدور الفحمي هـ - الدور البرمي .

وكان المناخ حاراً نسبياً ومتشابهاً على سطح الارض ، ولم تكن الفصول قد تميزت تماماً بعد . أما في نهاية هذا الحقب فقد ساد نصف الكرة الشمالي مناخ صحراوي جاف جداً ، بينما كان رطباً بارداً في خط الاستواء والنصف الجنوبي من الكرة الارضية .

حيواناته :

إن أقدم المستحاثات التي يمكن تبينها ومعرفتها منذ بدء الحقب الاول هي بقايا الحيوانات .

إذ كانت وحيدات الخلية وعديمات الفقار وافرة العدد متعددة الاشكال - وقد انطفأت منها صفوف بكاملها .

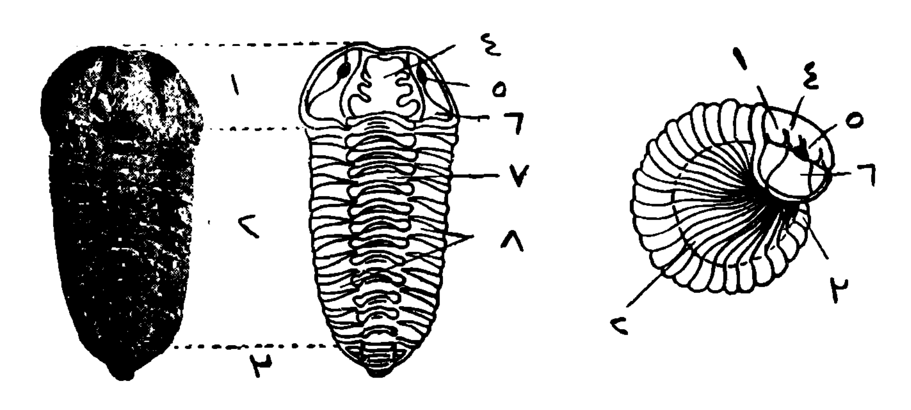
وكان يمثل الحياة آنذاك رتب الاسفنجيات ومعائية الجوف وشائكات الجلد والديدان والرخويات والمفصليات .

وأشهر مستحاثاته :

ثلاثية الفصوص : وقد كانت حيوانات مفصلية بحرية صغيرة يتألف جسمها من ثلاثة أقسام عرضية في الرأس والصدر والبطن كما كانت تنقسم الى ثلاثة فصوص طولانية ويخصص الحقب الاول بوجودها إذ أننا لانجدها بعد ذلك ابداً ولذلك نعت الحقب الاول بحقب ثلاثية الفصوص .

– وقد رافق هذه الاحياء النوتي ، وهو من الرخويات رأسيات الارجل ولا يزال يعيش النوتي حالياً في المحيط الهندي .

– وعاشت في ذلك الحقب صفوف متعددة من الحشرات ذوات التحولات الشكلية الناقصة .



ثلاثية فصوص

١ – رأس ٢ صدر ٣ – بطن ٤ – معدة ٥ – عين ٦ – وجنة
٧ – فص وسطي ٨ – فصان جانبيان

– وقد ظهرت الاشكال الاولية من الفقريات كالحبليات والقميصيات .وظهرت الاسماك

المدرعة ذات الاشكال الغريبة ، ثم اختفى معظمها وحلت محلها أسماك غضروفية الهيكل .

ـ واستوطنت الضفادع المستنقعات الواسعة في أواخر ذلك الحقب وكانت سمادل مذنبة أشهرها الاكتينودونت .



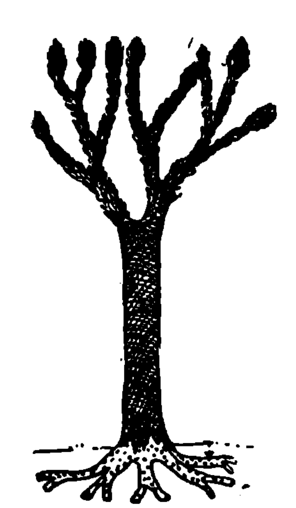
الاكتينودونت (سمندل مذنب)

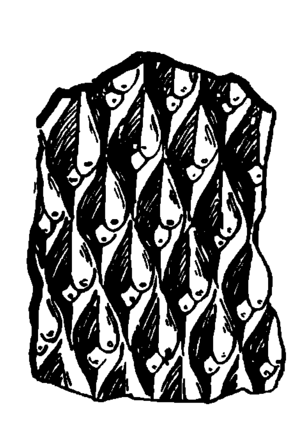
ـ أما الطيور والثدييات فلم تكن قد ظهرت حينذاك على الاطلاق .

٢ ـ نباتاته :

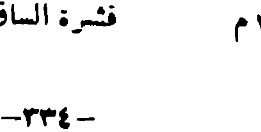
عاشت منذ مطلع ذلك الحقب الجراثيم والفطور والاشنيات والطحالب وامتاز النصف الثاني منه بظهور خفيات الالقاح الوعائية ، أما في أواخره فقد انتشرت ظاهرة الالقاح عريانة البذور . لكن مستورة البذور لم تكن موجودة آنذاك .

ومن خفيات الالقاح الوعائية نذكر:









ليبيدو دندرون ارتفاعها ٣٠ م
١ ـ جذور ٢ ـ ساق
٣ ـ ورقة ٤ ـ سنبلة

قشرة الساق

وسيدة في وسطها ندبة

- السراخس التي كانت شجرية قوية الجذوع ، وكان بعضها عشبياً .
- أذناب الخيل وكانت ترتفع ٢٠ — ٣٠ م وأشهرها القصبية .
- أرجل الذئب وكانت شجرية هائلة أشهرها سيجيلاريا .

أما من ظاهرات الالقاح عريانة البذور فقد انتشر السرخس البذري : وهي نباتات لها مظهر وأوراق السراخس لكن تكاثرها يتم بالازهار ، وكانت ازهارها وحيدة الجنس، وقد عثر على بذورها ولولا وجود تلك البذور لما تميزت عن السرخس العادي .

« الحقب الثاني ومستحاثاته »

١ — اراضيه ومناخه :

يبلغ مجموع سماكة أراضيه ٦٠٠٠ م مما يدل على أنه لم يدم طويــلاً وقد قسم الى ثلاثة أدوار :

أ — الدور الترياسي ، ب — الدور الجوارسي ، ح — الدور الحواري .

واستمر مناخ الحقب الاول في الترياسي ، أما بعد ذلك فقد تميزت منطقة قطبية شمالية معتدلة المناخ ترعرعت فيها الصنوبريات ، ومنطقةاستوائية حارة نمت فيها الارصفة المرجانية، ومنطقة قطبية جنوبية معتدلة ايضاً .

كانت البحــار آهلة بوحيدات الخليـة كالمدرعات والشماعيات ، وقـد سيطرت على بحر الحوار ، وكان المرجان يشيد أرصفته الطويلة وكانت شائكات الجلد تسكن الشواطيء .

واشهر المستحاثات اللافقرية :

أ — النصليات :

وهي رخويات رأسيات الأرجل.ومع أن الاجزاء الرخوة من الحيوان لم تحفظ جيداً إلا أن البقايا القليلة من مستحاثاتها دلت على أنها كانت تشبه الحبار الحالي .

ب — الامونيات:

وهي رخويات رأسية الارجـل ذات قوقعـة حلزونية تشبه قرون الخروف وقـد

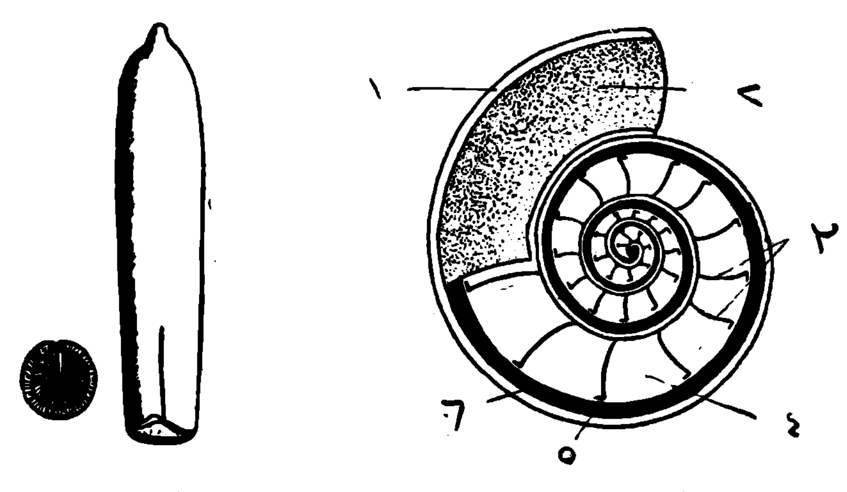
زين بها النحاتون القدماء رأس الاله آمون فاشتق اسمها منه . وقد تعددت أشكالها وحجومها وتزيينات قواقعها .

وفي نهاية هذا الحقب كانت النصليات والامونيات قد انقرضت تماماً .

وأشهر المستحاثات الفقرية :

آ — الزواحف :

بلغت الزواحف في هذا الحقب أوج انتشارها فطبعت الحقب الثاني بطابعها الخاص بسبب وفرة عددها وشدة تنوعها وتغير أشكالها ،وكانت تملأ البحار والهواء



قوقعة بلمنيت ومقطع فيها

مقطع في قوقعة امونية

١ — قوقعة ٢ حجرة السكن ٣ — حواجز

٤ — حجرة هوائية ٥ — عنق الممص ٦ - مكان الممص

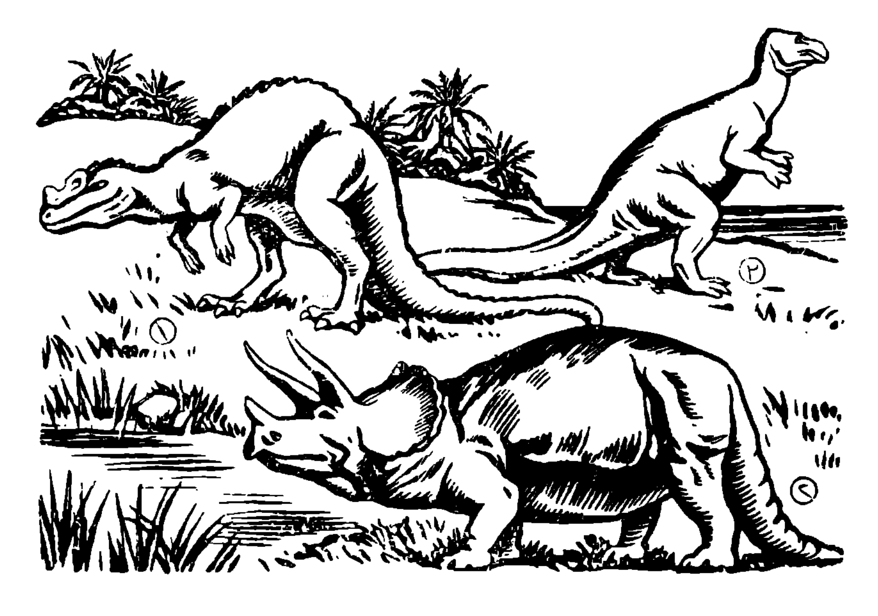
والارض . لكن قوة الانتشار لم تكن إلا نار قش ، فقبل أن ينقضي الحقب الثاني انطفأت الزواحف الكبرى ولم تبق سوى الاشكال الحية التي تختلف عنها بشدة .

وتنطفىء الانواع تحت تأثير الوسط الذي يصبح مضراً بها ، اما اختفاء عدة أنماط من الاحياء فلا يمكن أن يعزى إلا إلى أسباب طبيعية :

فمن الزواحف السابحة : الايكتيوسور ، وهو زاحف يلفت النظر لجمعه صفات السمك والضب والحوت والتمساح وكان طوله ١٥ متراً .

الموزاسور : وله هيئة ثعبان بطول ١٠ م وافمه أسنان حادة متصددة تدل على أنه كان لاحماً .

ومن الزواحف البرية : زمرة (الدينوسور) وهي أشهر وأقوى وأغرب الزواحف واليها تنتسب أنواع ضخمة يصل ارتفاع بعضها الى خمسة أمتار وطولها بين ١٠ — ٢٥ م . وكان الديبلودوكس يزن ٢٥ طناً وله رأس كبير يحمله عنق طويل ولأطرافه القصيرة القائمة خمس أصابع ذات مخالب ، وكان له ذنب كبير جداً ، ولا شك أن هـذا الزاحف هو أضخم حيوان على الاطلاق عرفته الحياة على سطح الارض .



زواحف برية

١ — سيراتوزور يحمل قرناً قاطعاً ٢ — ثلاثي القرون ٣ — ايكونودون يشبه الكنغر

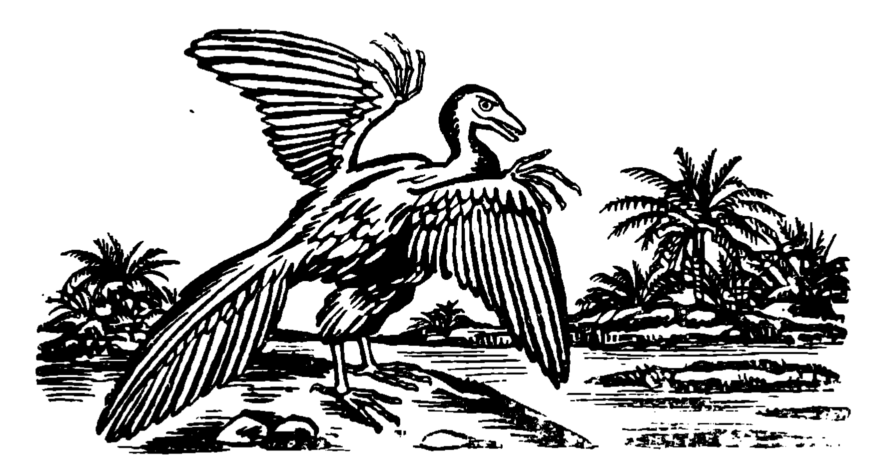
ومن الزواحف الطـائرة : البيترودا كتيل (مجنح الاصابع) وكان بحجم الغراب طول رأســـه يعادل نصف طول جسمه وكان جذعـه صغيراً وذنبه قصـيراً . وكانت أطرافه منتهية بخمس أصابع واحـــدة منها أطول من الجسم وتحمل غشاءاً جناحياً يشبه جناح الخفاش .

ب — الطيور :

بدأت بالظهور منذ منتصف الحقب الثاني لتحل محل الزواحف الطائرة وأكثرها شهرة:

الاركيوبتريكس : وهو أقدم طائر عرفته الارض ، له حجم الغراب ويشبه رأسه رؤوس الطيور الحالية ، لكن فمه كان مجهزاً بأسنان ، وكانت نهاية جسمه ممتدة بذيل طويل يكسوه الريش ، أما طرفاه الأماميان فبالرغم من تحولها الى جناحين إلا أن أصابعاً ثلاثة كانت صالحة لمسك الاشياء وذات مخالب .

وفي نهاية الحقب الثاني بدأت الطيور الخفيفة بالظهور وكانت تشبه الطيور الحالية بيد أنها كانت محتفظة بالاسنان .



الاركيوبتريكس

ح — الثدييات :

ظهرت الطلائع الثديية الاولى بأشكال ابتدائية صغيرة وكان معظمها ينتسب الى الكيسيات:

٣ — نباتاته :

فقدت خفيات الالقاح سيطرتها وحل محلها ظاهرات الالقاح عريانة البذور منذ منتصف الحقب الثاني وقد عرف منها السيكاسيكات والصنوبريات والسرو وأشباهها وهي لا تزال الى اليوم.

وفي نهاية ذلك الحقب بدأت مغلفة البذور بالظهور تدريجياً . وإلى ذلك العهد البعيد يعود الخيزران والنخيل والكستناء والحور .

الحقب الثالث ومستحاثاته

١ — اراضيه ومناخه :

تبلغ سماكة مجموع أراضيه في العالم ٤٠٠٠ م فهو إذن قصير الامد وقد قسم إلى أربعة أدوار :

آ — الايوسين ب — الاوليغوسين ، ج — الميوسين ، د — البليوسين .

وقد شملت البرودة المنطقتين القطبيتين في هذا الحقب ، وامتدت بينهما مناطق معتدلة واسعة ومناطق استوائية ضيقة .

٢ — حيواناته :

بدأ العالم الحيواني يقترب كثيراً من حالته الراهنة ، فاختفت في هذا الحقب النصليات والامونيات والزواحف البرية الضخمة والطائرة ، كما ظهرت الطيور والثدييات .

ومن اللافقريات : كانت رأسيات الارجل تميل الى الانقراض ولم يبق منها سوى الاشكال الحالية ، وحل محلها معديات الارجل كالمحاور واللامنات والحلزون .

أما عن الفقريات : فقد أصبحت الاسماك والضفدعيات والزواحف والطيور شبيهة بالاشكال المعروفة حالياً .

وأما الثدييات : فقد بدأت بالسيطرة على الارض في كافة القارات ولهذا يعد الحقب الثالث بحق حقب الثدييات ، فالاشكال الاولية الصغيرة التي كانت في أواخر الحقب الثاني قد نمت وتنوعت كما ظهرت ثدييات جديدة امتازت بحوافر أو بمخالب ، وقد تمت دراسات مفصلة لسلالات الحصان والفيل والمجترات والحيوانات اللاحمة .

٣ — نباتاته :

سيطرت ظاهرات الالقاح مستورة البذور في هذا الحقب وكانت تشبه النباتات

الحالية لكن توزعها يخالف التوزع المعروف . إذ كانت تنبت في الحوض الباريزي مثلاً أشجار النخيل وجوز الهند والغار . ولكن منذ منتصف ذلك الحقب بدأت هذه الاشجار بالاختفاء تدريجياً والنزوح إلى المناطق الاستوائية ، وحل محلها هناك أشجار ذات أوراق ساقطة ونجليات ملأت المراعي الواسعة ، وما أن انتهى هذا الحقب حتى زالت النباتات الاستوائية من أوربا تماماً .

الحقب الرابع ومستحاثاته

١ — حيواناته :

في هـذا الحقب بعض حيوانات الحقب الثالث ويضاف اليها الانسان . وقد انقرضت حيوانات كثيرة في مراحل متباعدة ، كما تغيرت توزيعها الجغرافي ، بحسب تغير المناخ ومن الحيوانات المنقرضة :

الماموث : وهو فيل قديم بلغت قامته ٣,٥ متراً وكان جلده سميكاً يكسوه صوف مبعثر وأشعار بلغ طولها ٨٠ سم وكان له نابان لولبيان معقوفان نحو رأسه طول كل منهما أربعة أمتار .

الايل المقرن : وكان له قرنان مسطحان يمتد كل منهما مترين .

الطاطو الكبير : وكان يبلغ طوله ثلاثة أمتار .

كما هاجر بعض الحيوانات شمالاً وبعضها جنوباً واستقرت حيوانات أخرى في مواضعها واستطاعت أن تتكيف مع تغيير المناخ ، كالحمار والحصان والثور والكلب ولكن بعضاً منها يسير حالياً نحو الانقراض ، كالزرافة والبيزون الامريكي (بقر وحشي) .

الانسان :

ان أراضي الحقب الاول والثاني وحتى الثالث لم تظهر إطلاقاً أي أثر لوجود الانسان فيها ، لكن وجوده أكيد منذ مطلع الحقب الرابع حيث تدل عليه بقايا عظامه والادوات والآلات التي صنعها . فقد عرف ان الانسان بدأ يقطع الاحجار ليصنع منها أدواته وذلك في عصر الحجر المقطوع ثم استطاع صقل الحجارة بالحك في عصر الحجر المصقول ثم

عرف المعادن واستعملها كالنحاس والبرونز والحديد في عصر المعادن الذي انقضى عليه حوالي ٤٠٠٠ سنة ق . م ومع هذا العصر بدأ فجر التاريخ .

اجداد الانسان :

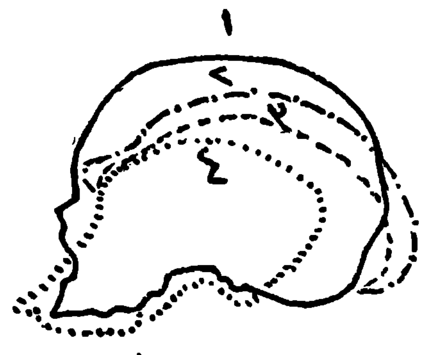
من الثابت أن الانسان الحالي لا يمت بأي صلة إلى القردة الحالية بل ينتسب الى الثدييات من فئة البشريات .

وتمتاز البشريات عن القردة الحالية بخفتها ومهارتها ونشاطها ويظن أنها كانت قليلة التسلق سريعة العدو . وكان لجد الانسان القديم والقردة مميزات وصفات مشتركة : كالقدرة على الانتصاب عمودياً وتركيب الدم وقابلية الاصابة ببعض الامراض السارية ، ووجود الانياب النامية إلا أن جد الانسان القديم قد تميز بتطور ابهام القدم الذي تضخم وبضمور العضلات التي كانت تمكنه من مقابلة الاصابع الاخرى .

الاوسترالوبيتكوس : وهو أول شكل معروف لهؤلاء الاجداد وقد عثر عليه في الترانسفال ، ويظن أنه عاش قبل مليون سنة تقريباً وهو يملك صفات القردة والانسان



رأس انسان نياندرتال



لاحظ تطور نمو الجمجمة

١ ـ انسان في زمننا الحاضر ٢ ـ انسان نياندرتال ٣ ـ قرد بشري ٤ ـ بعامة

معاً إلا أن شكل قحفه وأسنانه تبعده عن القردة وتقربه من البشريات وهو لم يستعمل أية أداة كما لم يكن يعرف النطق ومع ذلك فقد كان ذكاؤه يفوق ذكاء القردة الحالية .

القرد البشري : وظهر منذ نصف مليون سنة تقريباً في جاوا والصين وافريقيا وكانت قامته قصيرة وجسمه ضخماً قوياً وتلافيف مخه تشبه تلافيف مخ الانسان الحالي لكنه لم يحسن النطق وقد مارس صناعة ابتدائية .

انسان نياندرتال : وقد ظهر منذ مئة الف سنة تقريباً ، وهو بظهوره يمثل مرحلة انتقالية جديدة تماماً أو فرعاً جانبياً من الاصل . وقد دل على وجوده بقايا كثيرة من قحف وعظام وحتى هيكل كامل وقد وصف هذا الانسان بالصفات التالية :

قامته قصيرة وجسمه ضخم وساقاه قصيرتان ، قحفه متطاول ، وجبهته مائلة الى الوراء يبرز لها قوس حاجبية كاملة وكان الانف كبيراً أو عريضاً والفك السفلي متيناً عديم الذقن وكان ابهام رجله بعيداً عن الاصابع الاخرى ، وكان يحسن مسك الاشياء بقدمه ويجيد التسلق . وقد سكن الكهوف والمغاور ومارس الصيد واستخدم الصوان المقطوع ، وكان قليل الذكاء لا يملك قدرة على التكلم لكن بصره كان حاداً .

ومعظم هذه الصفات لاتزال موجودة حالياً عند الاسكيمو والاستراليين ومع ذلك فهذا لا يعني أنهم من سلالته . وقد عثر في المسطين على هيكل عظمي لانسان من نوع نياندرتال.

الانسان العاقل : كان منتصب القامة مرتفع الجبهة ، نامي الذقن ضامر القوس الحاجبية وقد ظهر قبل انسان نياندرتال والراجح أن الانسان الحالي ينتسب اليه وتمثله اربعة عروق :

عرق انسان كريمالدي ، وعرق الانسان الكروماني ، وعرق الشانسيلاد ، والعرق ذو الرأس المستدير .

وكان الانسان الكروماني يملك كل صفات الانسان الحالي فهو دائم الانتصاب تبلغ قامته ١٨٥ سم ، قحفه متطاول وقوسه الحاجبية قليلة النتوء والوجنة بارزة والذقن نامية وظاهرة ، والاطراف قوية . وقد استعمل الاحجار بشكل مقاشط وصفيحات وابر مدببة. كما عرف النقش والحفر على العظم والخشب وأجاد الرسم والنحت . وقد رسم بالفحم والطين أشكال البيزون والماموت والرنة . ويمثل الانسان الكروماني حالياً بقايا في اسبانيا وجزر كاناري .

ثم ظهر انسان الحجر المصقول في الشرق واجتاح اوربا وعاش مع الانسان الكروماني وصنع من الصوان فأساً ذا مقبض من قرن أيل ، وألف الكلب وبعض الحيوانات المفيدة ، ثم زرع القمح والشعير والكتان ، وصنع القدور الفخارية والاقمشة الخشنة وبنى منـازل خشبية فوق الماء وغرفاً حجرية تحت الارض لدفن موتاه .

تطور الكائنات الحية

اصل الانواع :

يبدو العالم الحي لنا ثابتاً في الوقت الحاضر . ولكن يمكن بسهولة اكتشاف وجود التسلسل التدريجي الصاعد من البسيط الى المركب في أشكال العضويات التي تؤلف هذا العالم.

ويذكر العلماء الطبيعيون أن سر أصل الكائنات وماضيها قـــد شغل الانسان في كل العهود ، وان الديانات المختلفة والفلسفة كانت أول الامور التي جربت أن تلبي رغبته في الفهم والتفسير . وهم يرون أنها لا تستطيع اعطاء إلا حلول يتقدمها قبول مبادىء أولية سابقة . أما العلوم الطبيعية التي كدست الوثائق والبراهين وجمعت الملاحظات وضمت النتائج التجريبية فهي تجهد في حل المشكلة حلاً عقلياً .

وقد وضعت فرضيتان عن أصل الانواع هما فرضية الخلق وثبات النوع وفرضية التحول.

أ ـ فرضية الخلق وثبات النوع :

وهي القديمة على الاكثر وتعتبر الانواع ثابتة لا تتحول ولا تتبدل وأنها خلقت في بدء الازمان مرة واحدة ودفعة واحدة ، وتفرض لها في البدء تدخل ما وراء الطبيعة ، تدخلا اقره وقبله جملة من الطبيعيين مثل Linné و Cuvier وان هذا التسلسل هو نتيجة أزلية ساكنة لخلق سائر انواع الكائنات الحية على نفس الصورة التي توجد عليها اليوم ولقد ظلت فرضية

ثبات الانواع « النظرية الرسمية » للعلماء الطبيعيين حتى بدء القرن التاسع عشر ، أما اليوم فلم يبقى لهذا المبدأ وهذه الفكرة بين العلماء الطبيعيين أي مدافع . ويرى علماء الطبيعيات أن هذه الفرضية لاتستند الى أي دافع ايجابي .

ب — **فرضية التحول :**

وتعتبر أن التسلسل التدريجي الصاعد في أشكال العضويات هو صورة للمراحل التي مر بها كائن حي حتى أصبح على ما هو عليه . وبالتالي فالعالم الحي عديم الثبات وهو متطور . وانها تعتبر ان الكائنات الحية كلها قد اشتق بعضها من بعض .

ونحن نجد هذه الفرضية في كتب الهند المقدسة كما ذكرها فلاسفة كثيرون لكن القرون الوسطى لم تعر تلك الفرضية أي انتباه . ويجب أن نصل الى بدء القرن التاسع عشر حتى نراها تحيا وتبعث بعبقرية لامارك Lamark الذي لم يتوصل مع ذلك الى جعل معاصريه ينحازون اليها وان شارل داروين Darwin هو الذي أدخل نظرية التطور في نطاق العلم بصورة نهائية .

ويجب علينا الآن أن نوضح حقيقة التطور ثم نوضح آليته .

وفي سبيل ايضاح حقيقة التطور نجد سائر العلوم الطبيعية كعلم المستحاثات وعلم التصنيف وعلم التشريح المقارن وعلم الجنين وغيرها تقدم لنا وقائع ثابتة وبراهين مقنعة تجعل فكرة تطور الكائنات الحية شيئاً لامناص من قبوله وأن التطور هو التعبير عن الحقيقة الراهنة . وأما ايضاح آلية التطور فلا يزال صعباً معقداً بالرغم من وجود عدة نظريات حاولت شرح تلك الآلية .

(وقائع التطور)

الوقائع المستمدة من علم المستحاثات :

الحصان :

ينتسب الحصان الحالي والحمار وحمار الوحش الى جنس Equus وهو الجنس الوحيد في عائلة الخيليات Equidés ويتميز بالصفات الآتية :

آ ــ ان اسنان الحصان الحالي تجعله آكلاً للعشب فهو يملك ستة قواطع عليا طويلة وحادة يدخل العشب بينها وبين القواطع الستة السفلى ، ثم يقص رزمة العشب بهزة من رأسه ، فتسحقه ١٢ رحى ضخمة لها شكل جذع موشوري موجودة في كل فك . وللذكر اضافة على ذلك نابان في كل فك لا أثر لهما في الانثى . وتنمو اسنان الحصان باستمرار بسبب بقاء جذورها مفتوحة . ويؤدي استعمال القواطع والارحية الى ظهور ثنيات قاسية من الميناء على سطح الاسنان وتأخذ اشكالاً متميزة . أما تمفصل لقمتي الفك السفلي فيسمح له بحركة جانبية تؤمن طحناً كاملاً للعشب بين التجعدات البارزة من الارحية حين تصطدم مع بعضها .

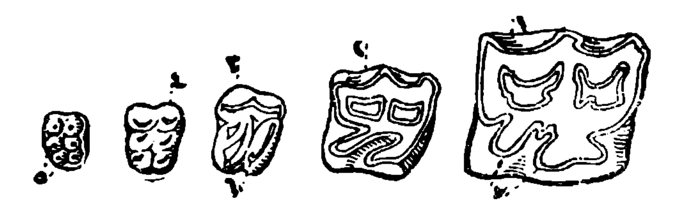
ب ــ ان قوائم الحصان الحالي تجعله عداءً سريعاً . فهي طويلة وتسمح له بخطوات واسعة ومرد ذلك الى التموضع المرتفع للقطع الانتهائية من القوائم (الاصبع والرسغ) وقوائم الحصان متينة ومرنة تقاوم الجهد الكبير المبذول في الركض واما اشكال المفاصل فتسمح بحركات اهتزازية في مستوى يوازي مستوى تناظر الجسم . والقطع المختلفة من القوائم بسيطة وقوية . الكعبرة والشظية ضامرتان وملتحمتان على الترتيب مع الزند والقصبة ، وكذلك فالقطع الانتهائية المرتفعة قد اختزلت في عظم واحد (المدفع وقلماه) واصبع وحيدة نامية .

أما الحافر فهو ظفر قد تضخم ليؤمن حماية كافية لحافة الاصبع وتماساً جيداً مع الارض .

تاريخ الحصان :

اظهرت الحفريات التي تمت في الولايات المتحدة ان رسوبات اراضي الايوسين حتى البليستوسين غنية ببقايا مستحاثات وافرة من الخيليات . مما سمح باعادة تركيب سلسلة متواصلة من الاشكال التي تربط الحصان الحالي الى احد الخيليات المستحاثة والمسمى ايوهيبوس . وان هذه الاشكال المتتابعة من السلسلة شديدة التقارب بصفاتها مما يعطينا كل الحق في أن ننسب كلاً منها الى الذي قبله وننسب اليه الذي بعده . وتؤلف هذه السلسلة اجداد الحصان وتاريخه وتوضح لنا الوقائع الآتية :

١ً — تزايد ضخامة القامة . فمن قد الايوهيبوس الذي كان له قد ثعلب صغير ننتقل الى شكل له قد كلب كبير ثم تظل القامة تتزايد تدريجياً حتى نصل الى الايكوس وهو الجد المباشر للحصان الحالي وله نفس القامة الحالية .



تطور الاضراس في اجداد الحصان
١ — ضرس الحصان (ايكوس) ٢ — ضرس البروتوهيبوس
٣ — ضرس الميزوهيبوس ٤ — ضرس الايبيهيبوس ٥ — الفيناقودس

٢ً — تبدل اشكال الاسنان : كان الايوهيبوس آكلاً للحم والنبات Omnivore إذ كان يملك قواطع وانياباً وضواحك واضراس . وكانت جذور الاسنان مغلقة تحدد نموها . وكان للأرحية تاج منخفض كثير الحدبات وكانت الضواحك شديدة الاختلاف عن الارحية فقد كانت تيجانها قاطعة .

أما أحفاده فأصبحت آكلة للأوراق وقد ساير تغير النظام الغذائي التبدلات التالية في الاسنان :

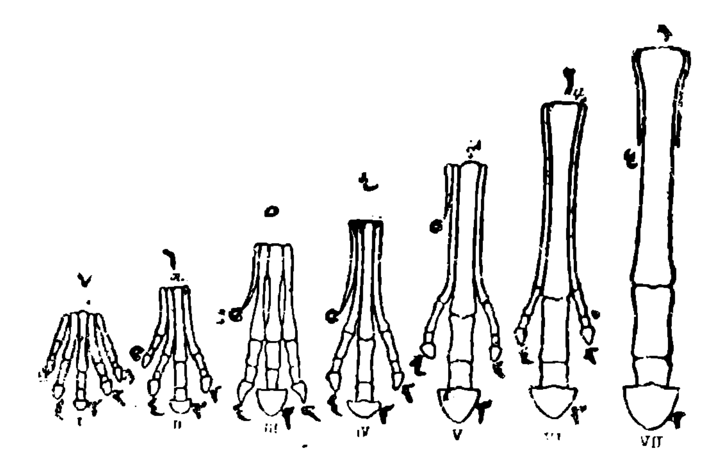
أ — تحول الضواحك الى أرحية .

ب — تبدل في شكل الاسنان الحدية حيث ارتفعت وتسطحت تيجانها وانصهرت حدباتها مشكلة اعرافاً منحنية من الميناء .

واخيراً غدت سائر الاحفاد آكلة العشب فصارت الاسنان ذات نمو دائم وغدت الاعراف بشكل تجعدات بارزة .

٣ً — تبدل القوائم : ان قوائم الحصان قد عانت تبدلاً على نطاق واسع :

أ — تبدل السمة والامتداد : فلقد تزايد بصورة عامة طول القوائم ، وبالتالي اتسعت الخطوات وزادت سرعة الحركة وقد تم ذلك باستطالة القطع النهائية .



تطور طرف الحصان (الزمرة الامريكية)
الاعداد الموجودة على الاشكال تدل على ترتيب الاصابع
والاعداد الموجودة فوق الاشكال تدل على نوع الحيوان كما هو مبين ادناه
١ - الحصان ٢ - البروتوهيبوس ٦ - الميرا كوتيريوم ٧ - الفيناقودس
٥ - الاوروهيبوس ٦ - الميرا كوتيريوم ٧ - الفيناقودس

ب ــ تطور الوضع الآلي للقدم : بينما كان الاهيبوس حافري المشية إلا أن له خفاً يشبه ما للفيل الحالي . ثم ضمر الخف وزاد نمو الارتباطات المفصلية وتعقدها مما حقق للقدم متانة ومرونة فغدت كالنابض ، وصارت بذلك اقدر على الجري السريع .

جـ ــ تراجع عدد الاصابع : كان للاهيبوس أربعة اصابع (١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥) واصبع ضامرة بشكل قلم ، وذلك في الاطراف الامامية . اما في الاطراف الخلفية فكانت الاصابع ثلاثاً . (٢ ، ٣ ، ٤) .

ثم يحقق خلال الاجيال النمط ثلاثي الاصبع في سائر الاطراف بضمور الاصبع الخامسة من الاطراف الامامية وبقائها بشكل قلم يتوضع في حذاء الرسغ بينما بدأت الاصبع الوسطى (٣) تتقوى وتغدو ذات أهمية عظمى . أما في المبوسين فنلاحظ اختفاء الاصابع الجانبية (٢ ، ٤) وبقاء الاصبع الوسطى فقط .

د ــ ضمور الكعبرة والشظية : بينما كان يجري التحول السابق كانت الكعبرة والشظية تعانيان ضموراً وتلتحمان على الترتيب بالزند وبالقصبة مما اعطى القوائم متانة ومقاومة اعظم .

مميزات التطور في سلسلة الحصان :

١ ـ التطور موجه :

ان مجمل سـلالة الحصان ترينا ان تغيرات الاشكال قد نمت في اتجاه معين . وكانت الافراد بصورة عامة تبدي تزايداً في القامة ، وتلاؤماً مع الركض والعدو ، وتخصصا في الاسنان ، مما يدل على سير التطور في اتجاه محدود غير خاضع للصدفة ويبدو هذا التطور الموجه كنتيجة لتكيف وتلاؤم وضع تشريحي خاص مع وظيفة خاصة ضمن شروط محدودة. فما تحول القوائم سوى تطور موجه تم ليحقق للحيوان الذي يتزايد ثقلاً ، سرعة تدريجية في حركته .

٢ ـ عدم قابلية انعكاس التطور :

إذا تأملنا افراد سلسلة الحصان لم نجد ابداً عودة النموذج ثلاثي الاصابع الى النموذج خماسي الاصابع ولا عودة وحيد الاصبع الى ثلاثي الاصابع ، ولا تراجع نمط الاسنان آكلة العشب المتميزة بأرحية عالية واعراف من الميناء الى اسنان آكلة اللحم والعشب ذات الارحية المنخفضة والحدبات .

٣ - سرعة التطور :

بما أن سلسلة الحصان مستمرة فيمكن أن نجد بين كل شكلين منها اختلافاً كافياً للتمييز بينهما واعتبارهما نوعين أو جنسين منفصلين . ونجد من الايوهيبوس الى الحصان الحالي ثمانية من هذه الاشكال المتدرجة . وقد عاش الايوهيبوس منذ ٦٠ مليون سنة فيمثل كل مرحلة من الجدود ٨ / ٦٠ = ٧,٥ مليون سنة مما يدل على أن التطور هو بطيء نسبياً . وهناك ملاحظة هامة في هذا الصدد : فمع العلم أن اسنان سلسلة الحصان قد تبدلت مع تبدل الاشكال إلا أن هذا التغير لم يكن ملحوظاً طيلة عهود الايوسين والاوليغوسين وفجر الميوسين ثم صار التغير سريعاً جداً منذ ذلك الحين حتى البليوسين ولم تتغير بعد ذلك الاسنان تقريباً . فسرعة التطور تختلف كثيراً من وقت لآخر خلال تاريخ السلسلة . فكأن هناك ازمنة راحة اوزمنة نشاط تطوري أو كأن التطور يتم على شكل قفزات اكثر مما يتم على شكل استمرار .

تلك هي وقائع التطور التي قدمها علم المستحاثات عن مثال واحد هو الحصان . وقد اجريت دراسات مماثلة لثدييات أخرى ونكتفي الآن بسرد بعض الوقائع الهامة التي يقدمها علم المستحاثات كمستندات لاثبات حقيقة التطور .

آ - ان المستحاثات لاتظهر كيفما اتفق في الطبقات الجيولوجية فاذا نظرنا الى مجموعة واحدة من المتعضيات رأينا أن مستحاثاتها تظهر على الدوام في نظام يتوافق وينسجم مع تكاملها التدريجي . بحيث يظهر الشكل الابسط في الارض الاقدم ويكون الشكل المعقد في الارض الاحدث .

ـ فالحشرات ذات التحولات الشكلية غير الكاملة أقدم من الحشرات ذوات التحولات الشكلية الكاملة .

ـ والاسماك ترجع الى الديفوني والضفادع الى نهاية الديفوني والزواحف الى الفحمي والبرمي والطيور الى الجوراسي والثدييات الى الترياسي، فأشد الحيوانات كمالا آخرها ظهورا.

ب ـ هناك مستحاثات تؤلف كائنات انتقالية بين الاشكال التي تختلف اليوم اختلافاً كبيراً ، وهذه الكائنات الانتقالية تظهر في عهد يسمح باعتبارها ممراً ومنتقلا بين النمط الادنى والنمط الاعلى ونذكر كمثال الطائر المسمى اركيو بتيركس فهو طائر بكل وضوح يشهد على ذلك ريشه وأجنحته وأرجله ولكنه يختلف عن الطيور الحالية بصفات هامة هي بالضبط صفات للزواحف كالذنب الطويل العظامي ، والرأس المجهز وكاه على طولها بأسنان وهناك كائنات انتقالية بين الاسماك العظمية والضفادع ، وبين الضفادع والزواحف ، وبين الزواحف والطيور والثدييات ، اذ كانت ثدييات أواخر الحقب الثاني ممثلة باشكال صغيرة تحقق تماماً الصفات المميزة لاجدادها الزواحف .

ج ـ لاتقتصر الدراسات على العالم الحيواني بل أثبتت المستحاثات النباتية وقائع هامة. فنحن نجد أن مغلفة البذور تظهر منذ الجوراسي وقد سبقتها في الظهور عريانة البذور والسراخس.

والخلاصة : ان مستحاثات مجموعة الخيليات ومستحاثات كثير من الثدييات

الاخري تجعلنا نلمس مبدأ التحول لمساً واقعياً وتجعل كل مناقشة في حقيقته مناقشة زائدة لا وزن لها .

الوقائع المستمدة من التشريح المقارن :

تطور دماغ الفقريات : وقد مر مفصلا عند البحث في الجملة العصبية في الحيوانات فيحسن الرجوع اليه .

نجد في هذه الدراسة ترتيباً للاشكال العضوية يصعد من البسيط الى المعقد وبحيث أن الاشكال العضوية البسيطة هي القديمة والاشكال العضوية ذات التعقيد الاكبر هي في الترتيب الاحدث .

ويدلنا التشريح المقارن ايضاً على الاعضاء المتقابلة في الحيوانات والتي قد يكون لها نفس الوظيفة وقد لايكون لكنها متماثلة من حيث ارتباطاتها ومن حيث هندستها العامة .

– فجناح الطائر هو شيء آخر بالنسبة لجناح الحشرة . بيد أن جناح الطائر يقابل ذراع الانسان لان هاتين الزائدتين موضوعتان على الجسم بصورة متشابهة وتتلقيان نفس الاعصاب ونفس الاوعية الدموية ومبنيتان في الاساس على نفس الصورة وهكذا فالاعضاء المتقابلة هي أعضاء لها نفس الاصل .

– ان هيكل مجداف الفقمة وهيكل ذراع الانسان وهيكل جناح الطائر هي نفسها في الاساس وتمثل طرفا تخصص خلال الازمان في اتجاهات مختلفة وهو أحد الوقائع التي تثبت حقيقة التطور .

– ان التكامل التدريجي لعضو من الاعضاء (الدماغ ، القلب) يكون موازيا للتكامل التدريجي لمجموع المتعضية. فالقلب ليس له إلا أذينة وبطين في الاسماك التي هي أقل الفقاريات تعقداً وأقدمها زمناً ، وهو يحتوي على اذينتين في كافة الفقاريات الاخرى ويحتوي على بطينين في التماسيح والطيور والثدييات .

– في كثير من الحالات تفقد بعض الاعضاء وظيفتها أو تتخذ وظيفة جديدة فتضمر قليلا أو كثيراً وتصبح في بعض الاحيان غير معروفة اذا لم يلجأ إلى دراسة ارتباطاتها . فالزائدة الدودية في الاعور المعوي في الانسان تمثل في أشباه الانسان بقية عضو واسع النمو في ثدييات اكثر ابتدائية .

نظريات التطور

أثبتت لنا وقائع علم المستحاثات ، ووقائع التشريح المقارن ووقائع علم الجنين ، حيققة تطور العالم الحي بصورة لاتقبل الجدل ، ودلتنا الوراثة على قابلية تغير الانواع . ومع ذلك فان آلية التطور لاتزال غامضة ولدينا ثلاث نظريات تحاول تعليله .

(اللاماركية)

ويعود الفضل الى العالم لامارك(١٧٤٤ - ١٨٢٩) في وضع أول نظرية عامة في تفسير التطور ، شرحها في كتابه « فلسفة الحيوان » (١٨٠٩) وهي ترتكز على قانونين : قانون التكيف وقانون توارث الصفات المكتسبة .

١ — قانون التكيف : النص :

(في كل حيوان لم يكتمل نموه يفضي استعمال عضو من الاعضاء اكثر من غيره استعمالا دائماً الى نمو العضو وتقويته ، واكتسابه قدرة متناسبة مع مدة هذا الاستعمال . ويفضي الاهمال الدائم وعدم استعمال هذا العضو الى اضعافه وضموره حتى ليزول في النهاية).

يريد لامارك أن يقول : ان الاحياء تغير صفاتها تدريجياً فتكتسب على الدوام صفات جديدة تحت تأثير البيئة والوسط . وتقوم عوامل الوسط بتوجيه وظائف الاعضاء التي تتبدل قليلا قليلا . وبالنتيجة يريد أن يقول ان الوظيفة تخلق العضو .

أ — هل الاحياء عرضة للتغير بتأثير الوسط ؟ لاحظ لامارك أن زراعة النباتات في أقاليم تختلف عن الاقليم الذي اعتادت أن تعيش فيه يؤدي الى تبدل بعض صفاتها واكتساب صفات جديدة تحدث بتأثير عوامل البيئة الجديدة .

ب — هل الاحياء تتكيف مع الوسط ؟ يؤكد لامارك أن تكيف الاحياء مع الوسط ثابت وهو يظهر بالتكيف الشكلي والتكيف الفيزيولوجي .

أولاً — التكيف الشكلي : وتدل عليه الوقائع التالية : ضمور العيون في

الحيوانات التي تعيش في المغاور والكهوف - فقدان الاطراف عند الحيوانات الزاحفة (أفعي ، ديدان) - تلاؤم اسنان الثدييات ، والقطع الفمية في الحشرات مع النظام الغذائي لكل منها - طول عنق الزرافة التي عاشت في ارجاء غير متعشبة فاضطرت الى أن تشرئب بعنقها لتصل الى الاوراق العالية في الاشجار - اكتساب الغشاء السباحي بين الاصابع في حيوانات مائية مختلفة الصنوف (ضفدع ، بط) الشكل السمكي والزعانف في الكواسج والحوتيات والايكتيوسور - أعضاء الطيران في الخفاش وفي البتيرودا كتيل .

ثانياً - التكيف الفيزيولوجي : تسارع ضربات القلب عند زيادة الجهد العضلي لكي يلائم منسوب الدم حاجة العضلات العاملة ، وغزارة الادرينالين في نفس الوقت ، لكي يؤثر في الكبد فيؤدي الى غنى الدم بالسكر اللازم للعمل العضلي .

٢ - قانون توارث الصفات المكتسبة : النص :

(كل ما أكسبته الطبيعة أو افقدته من صفات الافراد نتيجة لتأثير مستمر لعوامل البيئة ينتقل بالوراثة الى الانسال) ويريد لامارك أن يقول : ان الصفات المكتسبة بتأثير الوسط تصبح وراثية إذا كانت عوامل الوسط قد أثرت لمدة طويلة ، وكل تحول لا ينتقل بالوراثة هو عديم القيمة التطورية لانه لا يكون منطلقاً لاشكال جديدة .

وأخيراً فمع أن الحيوانات والنباتات تتأثر بعوامل الوسط وتتغير لذلك بعض صفاتها ، لكن فكرة أن الوظيفة تخلق العضو مبالغ فيها جداً ولا يمكن أن نقبل بها لكي نفسر ظهور اعضاء جديدة فالحاجة لاحد الاعضاء لا تخلق هذا العضو عند الكائن أبداً . كما أن مسألة وراثة الصفات المكتسبة يجب أن تخضع للتجارب فلقد وجدنا في دراسة الوراثة أن التغيرات الناشئة من تأثير الوسط هي تغيرات فردية جسمية تصيب الكائن نفسه ولا تصيب انساله حين يعيشون في الشروط الطبيعية .

(الداروينية)

وهي نظرية الاصطفاء الطبيعي :

ولد داروين سنة ١٨٠٩ أي حين ظهر كتاب فلسفة الحيوان للامارك ، وبعد

اربعين سنة ١٨٥٩ وضع نظريته في كتاب اصل الانواع . وقد اعتمد فيها على كثير من الاكتشافات التي تمت في النصف الاول من القرن التاسع عشر كالبنية الخلوية والكيمياء الحيوية والفيزيولوجيا ومبادىء علم الجنين .

واعتمد ايضاً على اطلاعاته الخاصة التي تهيأت له في رحلة طويلة الى اميركا الجنوبية وجزر الباسفيك ، واستفاد من النتائج التي حصل عليها بعض مربي الحيوانات من التهجين بين انواع مختارة تحمل صفات خاصة حيث حصلوا بعد عدة انسال على حيوانات تحتوي اكثر فأكثر على تلك الصفات واضحة بارزة . وهذا ماسمي بالانتقاء الاصطناعي .

ويمكن تلخيص نظرية داروِن على الشكل الآتي :

١ – الكائنات الحية تتغيرة :

فسائر الوقائع تدل على حقيقة التطور اما سببه فيجب التفتيش عنه في تأثير الوسط . وقد ميز داروِن بين تغيرات ناتجة عن عوامل البيئة وتغيرات مباشرة فجائية تحدث بدون تغير عوامل الوسط وقال انها مجهولة الاسباب . وكذلك فهذه التغيرات وراثية وتحدث في كافة الاتجاهات وبدون ترتيب ثابت .

وهنا يظهر في الامر شيء يناقض الوقائع فنحن قد وجدنا ان التطور موجه ، ويتم في اتجاه مستقيم دائم فكيف نقبل حدوث التغيرات بدون ترتيب ثابت ؟ وهنا يجد داروِن فكرة نظريته الاساسية وهي الانتقاء الطبيعي .

٢ – التغيرات موجهة بالانتقاء الطبيعي :

اعتقد داروِن ان الطبيعة تقوم باصطفاء يشبه الاصطفاء الاصطناعي الذي يقوم به مربو الحيوانات . وذلك من تلاقح انواع برية ، فينشأ من سلالتها انواع جديدة .

لكن السؤال يعود الآن بشكل آخر : ماهي اسباب هذا الانتقاء ؟ ويجيب داروِن على ذلك بفكرتين جديدتين هما تنازع البقاء ، وبقاء الاصلح .

أ ـ تنازع البقاء :

لاريب ان هذه الفكرة مستوحاة من الاقتصادي Malthus الذي بين ان الصعوبات التي عانتها انكلترا في مطلع القرن التاسع عشر لتأمين الغذاء لشعبها كانت نتيجة تكاثر ابناء الشعب تكاثراً لايتناسب مع انتاج الغذاء . فتبنى دوران هـذه الفكرة وقال ان الانواع التي تعيش حرة في نفس البيئة وتتكاثر بسرعة ، عرضة للتنازع في سبيل الحياة وتأمين الغذاء حتى ان ذلك يقع بين افراد النوع الواحد ايضاً . فالثعالب كانت تهاجم حيوانات اخرى وتتنازع الفرائس مع الحيوانات الاخري اللاحمة ، لكنها بسبب تكاثرها السريع بدأت تتنازع بين بعضها ومات قسم كبير منها جوعاً . بينما لم يحصل ذلك عند ثعالب المناطق الباردة التي كان يميت البرد قسماً عظيماً منها قبل ان تتكاثر فبقيت قلة مختارة . والتناقص الناتج عن تنازع البقاء يظهر بصورة اوضح في الانواع ذات التكاثر الفاحش ، فمع ان زوجاً من الضفادع او من السرطان ينتج آلافاً من البيوض . الا ان مايبقى في النهـاية لايزيد على زوج واحد قادر على التكاثر .

ب ـ البقاء للاصلح :

ان البقاء برأي داروں هو للافراد الذين تمكنوا جيداً من الدفاع عن وجودهم .

ان الثعالب التي تبقى حيـــة فتمثل النوع وتحمل صفاته هي الثعـالب الاسرع جرياً والامكر حيلة والاشد صبراً والاقل احتياجاً ، اي تلك التي قلت احتياجاتها بسبب حسن تسلحها . ففي الاقاليم القاسية ذات البرد القارس تبقى الثعـالب ذات الفراء السميك الذي يحقق لها مقاومة شديدة للبرد . وهـكذا يحقق تنازع البقاء انتقاءً بين افراد النوع الواحد، فالافراد التي تملك صفات جيدة مختارة ، فيزيولوجية كانت ام شكلية هي التي ستبقى لتمثل النوع وتتكاثر ، ويكون تكيف احفادها اكثر مودة حيث تظهر متميزة بالصفات المفيدة اللازمة لحياتها . ان الانتقاء الطبيعي موجه هام لتطور الانواع .

واخيراً نجد داروين يسير مع لامارك في البدء من حيث اثر الوسط في التغيرات ويضيف فكرة ظهور التغيرات المباشرة الفجائية ، ولكن هذه التغيرات كما وجدنا

لاتنتقل وراثياً بصورة عامة . واما عن قيمة الانتقاء الطبيعي فمع انه يبدو عاملا من عوامل التطور لكنه غير ضروري له لانه لايحقق دائماً تمايزاً طورياً للانواع ، ففي بعض الحالات يميل الانتقاء الطبيعي الى ثبات النوع وهناك مثال نموذجي في هـذا الصدد : في حديقة عالم احياء امريكي ١٣٦ طائراً ، صادفتها عاصفةشديدةفمات منها ٦٤ وعاش٧٢ طائراً. وقد ثبت ان الـ ٧٢ ليست احسن الطيور ، وانهـا تحمل الصفات المتوسطة للنوع . ففي الدفاع ضد العواصف كان النمط المتوسط هو الاصلح . ويبدو من هذا المثـال ان عوامل الانتقاء الطبيعي اختارت للبقاء النوع الوسط وليس الاحسن . عدا عن ان عوامل الموت العارض لاتختار الاحسن وغير الاحسن .

(الافتجائية)

وهي نظرية التحولات الفجائية :

وضعت هـذه النظرية عام ١٩٠٠ من قبل العـالم الحيوي الهولاندي هوغودوفريس Hugo de Vries وقد استوحاها من عدة وقائع منها :

انه فتش عن نبات يجري عليه تجاربه لمعرفة التبدلات التطورية . فاختار عدة نبتات وزرعها ، فلاحظ بين آلاف الافراد الناتجـــة ذات الشكل الطبيعي عشرات الاشكال الجـديدة التي ظهرت فجأة والتي لم تكن معروفة سابقاً . وحين تصالبت هذه الاشـكال الجديدة مع بعضها بقيت انسالها محتفظة بالتغيرات مما يدل على انها تمثل نباتاً جديداً . وقد سمي هذا التحول الفجائي الذي غدا وراثياً بالافتجاء . فقال ان الانواع التي تبـدو ثابتة عادة ، ومفصولة تماماً ، ومستقل بعضها عن بعض ، تمر بفترات هزات تظهر خلالها تغيرات مفاجئة تغدو وراثية . وهـكذا يولد في نفس الوقت عدد من الانواع الجديدة المتباينة عن بعضها البعض والمتميزة عن النوع الاصلي بجملة من الصفات . فالافتجاء هو الآليةالضرورية للتطور الذي على عكس ماراه لامارك وداروين لايكون بطيئاً ومستمراً بل يحصل بقفزات مفاجئة ويشبه صعود السلم .

لكن الافتجائية لم تشرح كل صفات التطور ، وكذلك فالصفات الجديدة التي تظهر في الافراد الذين عانوا الافتجاء ، هي صفات لاتسمح باخراج هـذه الافراد من نوعه بل تسمح لها بأن تمثل عرقاً جديداً داخل النوع وبالتالي فالافتجائيـة لاتفسر الانتقال من نوع الى آخر ولا التطور من جنس لآخر او من صف الى الذي يليه . زد على ذلك ان الافتجاء قد يعبر عن زوال جملة من الصفات ، وان التغيرات التي تحدث بالافتجاء هي تغيرات في صفات مقهورة وراثياً . فالافراد الجدد لا يحتفظون بالصفات الجديدة الا عند حالات العزل الدائم ، واستمرار التصالب بين بعضهـا فقط . اما في الشروط الطبيعية حيث يمكن ان تتصالب مع افراد النوع الاصلي فان ماتبقى لها من الصفات يسمح فقط باعتبارها عرقاً محلياً قليل التميز . ومن هنا فالقيمة التطورية للافتجائية قليلة .

(الآلية الاساسية للتطور — التغيرات الوراثية)

الداروينية الحديثة :

ويدافع عنها (هولدان وسامبسون) حين يردان التغيرات التطورية الى ثلاثة جذور هي: التأثير غير المباشر لعوامل البيئة . وآلية التكاثر الجنسي ، والافتجائية .

اذ لابد ان يختلف الفردان المتزاوجان عن بعضها بعدد من التغيرات الناشئة عن عوامل البيئة غير المتشابهة بالنسبة لكليها ومع ان هذه الصفات لاتكون بحد ذاتها وراثية الا انهـا تؤثر في الوضع الطبيعي للتزاوج مما يسمح او لايسمح بنقل جزء من صفـات الافراد الى احفادهم او اختفاء بعض صفات الآباء وعدم ظهورها في الاحفاد وكذلك فالالقاح يشمل اجتماع المورثات ببعضها فكلما كانت هذه المورثات متشابهة كانت التغيرات طفيفة جداً. ومن بين الافتجاءات يجب ان تلقى معظم الاهمية على الافتجاء الذي يصيب المورثات نفسها، فعندئذ نحصل على منبع حقيقي للصفات الجديدة .

التطور التجريبي :

وضع ليسنكو وميتشورين (عالمان روسيان) افكاراً جديدة في مضمار الوراثة

والتطور . فهما يقبلان مبدأ الوراثة المندلية المورغانية الذي يقوم على فكرة المورثات المحمولة على الصبغيات ، لكنهما يصران على أن العناصر الاخرى من المادة الحية هي أيضاً حاملة لوراثة خاصة . وقد استطاعا بواسطة التطعيم بين انواع مختلفة الحصول على انواع ذات وراثة مترجرجة تعطي مع تتابع الانسال أنواعا جديدة تحمل صفات ثابتة ، كما اتبعا أيضا طريقة تغير عوامل البيئة بحيث تؤثر في فترات خاصة كتمريض القمح للبرد والرطوبة فحصل قمح جديد اذا زرعت بذوره في الربيع أعطى محصوله في الصيف (قمح ربيعي) ووفر بذلك فترة الشتاء التي كان يقضيها القمح في التربة . واستخدما طريقة التصالب بين أنواع تختلف تماما عن بعضها من حيث الاصل والوسط الملائم فحصلا على انواع جديدة تختلف عن الانواع التي استخدمت في التجربة .

ويعتقد ان الجديد في هذه الطرائق هو الاستعادة : أي أن الافراد الناتجة تستعيد صفات كانت لها قديماً ، وكذلك يغدو صحيحاً في هذا المجال أن تأثير الوسط على امكانيات تثبيت الصفات بواسطة الخلايا الجنسية يحدث تغيرات تغدو وراثية .

اذا كانت بعض التبدلات التطورية تبدو نتيجة للصدف ، فان معظمها على العكس من ذلك هو موجه بدقة وذلك بفضل ثلاثة عوامل تلعب دورا في هذا التوجيه :

١ — الانتقاء الطبيعي :

وهو انتقاء يجب أن لا يفهم حسب ماأورده دارون من أنه نتيجة لتنازع البقاء وبقاء الاصلح ، بل ان الانتقاء يحقق الافضلية لمن كان اكثر تكيفاً مع وسطه أوبالاحرى لاولئك الذين يتكيفون بسرعة وسهولة مع تبدلات الوسط .

فعند مثل هؤلاء الافراد يمكن للمورثات التي اصطفيت أن تحقق انتشاراً متزايداً في المجموعة التي تتغير تبعاً لذلك في الاتجاهات التي تحقق أحسن تكيف اجمالي .

٢ — شروط الحياة :

يقول ليسنكو ان اكتساب الصفات الجديدة والضاحها في سلسلة الاجيال

متعلق دائما بشروط حياة العضوية . ومن هذا القول نجد أن تغيرات العوامل الوراثيـة هي موجهة بصورة طبيعية او يمكن توجيهها تجريبياً بفعل الوسط الفيزيائي والحيوي .

٣ – بعض عناصر المادة الحية بتأثير خارجي :

اذا حقن حيوان بجراثيم حية من شكل (آ) وجراثيم ميتة من نفس النوع ومن شكل (ب) ، يلاحظ ظهور صفات الشكل (ب) عند الشكل (آ) وهـــذه الصفات التي اكتسبها الشكل (آ) تنتقل الى الاحفاد وتبقى فيها . ويفسر ذلك بتدخل نوع من الحموض النووية . أي أنه يمكن احداث الاهتجاء بتغير الوسط بعامل كيميائي محدود من المادةالحية .

لابد قبل أن نختتم موضوع التطور من الاشارة الى فكرة تحدد التطور . اذ أن هناك حدوداً للسلاسل التطورية في المتعضيات وأن امكانيات التغيرات الوراثية ليست بالامكانيات التي لاتنتهي ولا تنضب .

فهناك أشكال قد توقف تطورها منذ زمن بعيد كالنوتي التي بقيت هي نفسهـا منـذ السيللوري . ولكنهم لايستطيعون القول ان هذه المتعضية ستبقى على حالها بصورةنهـائية ، لان التطور قد يتوقف ، فالثدييات التي بدأت في الترياسي قد بقيت على التقريب كماهي خلال الحقب الثاني ثم تلافت أمرها بعد ذلك .

ويرى العلماء أنه في البدء تظهر التغيرات الوراثية في الحالة العامة في كافة الاتجاهـات على شكل يشبه الانفجار ، ثم يكون كل تغير وراثي مبدأ لسلسلة متفرعة تبدوفيها تغيرات أقل سعة .

فالشعب الكبيرة من عالم الحيوان كانت كلها متشكلة في بدء الحقب الاول ولم يظهرمنها أي شيء بعد ذلك من جديد فالتطور قد بذل جهده الكبير في الماضي اما بعد ذلك فلم يقم الا بتهذيب صنعه وأثره .

صفحة

فهرس

الوحدة الاولى

الوحدة الثانية

